إدارةُ مياه الأمطار في منطقة الباحةِ باستخدام نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بمعدلات الهطول، للفترة من ١٩٨٥م الي ٢٠١٤م

د. خديجة مقبول الزهراني

قسم الإدارة والتخطيط التربوي –كلية التربية– جامعة الباحة – المملكة العربية السعودية

المُلَخَّص

يهدف البحث إلى اختيار النموذج الأفضل من بين نماذج السلاسل الزمنية المتاحة، وذلك تمهيداً لحسن إدارة مياه الأمطار عن طريق توفير المعلومات اللازمة للجهات المختصة؛ حتى تتمكن من توظيفها بصورة مثلى وتعظيم الاستفادة منها، كما هدف إلى استخدام البيانات الناتجة من التنبؤ في تحسين الإدارة المستقبلية لمياه الأمطار؛ ومن النتائج التي حصل عليها البحث أنه يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية لمعدلات هطول الأمطار والرطوبة النسبية في العام على معدلات هطول الأمطار في العام الذي يليه، وأيضا أنه لا يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية لدرجات الحرارة على معدلات هطول الأمطار وسرعة الرياح لذلك؛ فقد تم استبعادها من النموذج؛ وقد أوصت الباحثة في الأخذ بنتائج هذا البحث والنموذج المعتمد للتنبؤ من قبل الجهات ذات العلاقة؛ لاعتماده على الأسلوب العلمي الملائم في التنبؤ.

مُقَدِمَةُ :

الماء هذا السائل العجيب، الذي لا طعم، ولا لون، ولا رائحة له، يقول سبحانه وتعالى عنه: (وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلا يُؤْمِنُونَ) الانبياء- أيه ٣٠، تدل هذه الاية الكريمة على أهمية الماء في حياتنا وعظم قيمته فسبحان الخالق تبارك وتعالى الذي جعل من هذا السائل سر البقاء على قيد الحياة ليس للإنسان فحسب، ولكن لكل مظاهر الحياة على سطح الكرة الارضية؛ فالماء ارخص موجود وأغلى مفقود.

والمطر هو المصدر الاساسي للمياه، وتُعد مياه الأمطار في أي مكان من العالم نعمة كبيرة، يجب المحافظة عليها، وتنميتها، لتعظيم الاستفادة منها، واستغلالها بالشكل الأمثل، وتزيد الحاجة للمحافظة عليها في المملكة العربية السعودية، نظراً لكون المملكة تقع في منطقة صحراوية، وليس بها أنهار، أو مياه جارية، وطقسها قاري جاف، كما أن الأمطار بها قليلة.

كما أن مياه الامطار قد تتعرّض للتبخّر بسرعة؛ بسبب ارتفاع درجات الحرارة، فقد تصل درجة الحرارة في المملكة في فصل الصّيف إلى ٥٠ درجة أو أكثر، وإضافة الي مشكلة ندرة المياه، فهناك العديد من المشاكل التي تواجه مستقبل المياه في المملكة؛ منها الهدر، والتلوث، والاستنزاف، وسوء الإدارة، لذا فأن الحل يكمن في إدارة مياه الامطار، وتنميتها بشكل كفوء، وتعظيم الاستفادة منها الي أقصى حد ممكن؛ من خلال التنبؤ بكميات الهطول، باستخدام الطرق الإحصائية المناسبة والمساعدة في اتخاذ القرارات الإدارية السليمة، ومن ثم رسم السياسات، والاستراتيجيات، للمحافظة على مياه الأمطار واستغلالها بالشكل الأفضل.

مشكلة البحث:

تمثلت مشكلة هذا البحث في عدم وجود نموذج للتنبؤ بكميات الأمطار السنوية في منطقة الباحة، وحيث إن المملكة العربية

السعودية تعاني من قلة مواردها المائية، كونها تقع في منطقة صحراوية، وليس بها أنهار، أو مياه جارية، كما أن الأمطار فيها قليلة، ونظراً لكون مياه الأمطار هي المصدر الرئيس لجميع الموارد المائية الأخرى كما هو معلوم، لذا فأنه يجب الاهتمام بها، ومحاولة تعظيم الاستفادة منها بشتى الطرق الممكنة، فمياه الأمطار بعد سقوطها مع قلتها تعاني من الضياع بسرعة، بسبب شدة التبخر، لذا فإنه يتعين علينا حسن إدارتها، وقد أصبح الاتجاه العام في البحوث الإدارية هو استخدام أساليب القياس الكمية، ووسائل الإقناع الإحصائية؛ وعلم الإحصاء يقدم العديد من الطرق والأساليب، إلا أن السلاسل الزمنية يعد أهم تلك الاساليب التي يمكن من خلالها معرفة طبيعة التغيرات التي تطرأ على قيم الظاهرة مع الزمن، وتحديد الأسباب، والنتائج، وتفسير العلاقات المشاهدة بينها، والتنبؤ بما سيحدث من تغير على قيم الظاهرة في المستقبل على ضوء ماحدث لها في الماضي. من هنا جاءت فكرة هذا البحث في استخدام نماذج السلاسل الزمنية الموسمية نموذج Box & Genkins للتنبؤ بمعدلات هطول الأمطار في منطقة الباحة، بما يوفر أمام المخططين مؤشرات دقيقة تجعلهم قادرين على وضع الخطط الاستراتيجية المناسبة، وتمكنهم من اتخاذ القرارات الإدارية السليمة؛ تمهيداً لكيفية المحافظة على مياه الأمطار، واستغلالها بالشكل الأمثل.

تساؤلات البحث:

يحاول البحث الحالي الاجابة عن السؤال الرئيس التال :

ما مدى امكانية استخدام السلاسل الزمنية لبناء نموذج للتنبؤ بمعدلات هطول الامطار في منطقة الباحة وصولاً إلى إمكانية إدارة مياه الأمطار بطريقة رشيدة؟

ويتفرع من هذا السؤال الاسئلة الفرعية التالية:

١. هل يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية لمعدل هطول الأمطار في العام على معدل هطول الأمطار في العام الذي يليه؟

٢. هل يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية للتغير في درجات الحرارة على معدل هطول الأمطار؟

٣. هل يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية للتغير في الرطوبة النسبية على معدل هطول الأمطار؟

٤. هل يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية للتغير في سرعة الرياح على معدل هطول الأمطار؟

أهداف البحث:

١. هدف البحث إلى اختيار النموذج الأفضل من بين نماذج السلاسل الزمنية المتاحة، وذلك تمهيداً لحسن إدارة مياه الأمطار، عن طريق توفير المعلومات اللازمة للجهات المختصة، حتى تتمكن من توظيفها بصورة مثلى، وتعظيم الاستفادة من مياه الأمطار.

٢. استخدام البيانات الناتجة من التنبؤ في تحسين الإدارة المستقبلية لمياه الأمطار.

أهمية البحث:

تأتي أهمية هذا البحث من أهمية مياه الأمطار ذاتها، خصوصاً في ظل ندرة الموارد المائية، وقد تساعد نتائج البحث الحالي في:

- تحديد النموذج الأفضل من بين نماذج السلاسل الزمنية المتاحة؛ وذلك تمهيداً لحسن إدارة مياه الأمطار في المملكة العربية السعودية والتي تُعد من المناطق الصحراوية، حيث تُعد مياه الأمطار المصدر الرئيس للموارد المائية الأخرى، حيث إن ارتفاع معدل الأمطار أو نقصها له دور كبير في تغذية المياه الجوفية والسطحية.

- بناء نموذج للتنبؤ بمعدل هطول الأمطار في منطقة الباحة بناءً على عدد من البيانات المناخية التي تمكنت الباحثة من الوصول إليها، بحيث يمكن استخدام هذا النموذج، والاعتماد عليه، والوثوق بنتائجه، وتعميمه، واستخدامه، في مناطق أخرى من المملكة العربية السعودية، من أجل توفير المعلومات اللازمة للجهات المختصة.

فروض البحث:

يحاول البحث الحالي التحقق من صحة الفروض التالية:

٥. لا يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية لمعدل هطول الأمطار في العام على معدل هطول الأمطار في العام الذي يليه.

٦. لا يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية للتغير في درجات الحرارة على معدل هطول الأمطار.

٧. لا يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية للتغير في الرطوبة النسبية على معدل هطول الأمطار.

٨. لا يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية للتغير في سرعة الرياح على معدل هطول الأمطار.

منهجية البحث:

استخدم البحث المزج بين المنهج الوصفي التحليلي، والمنهج التطبيقي، لملائمته لطبيعة البحث، وتحقيق أهدافه، حيث استخدم المنهج الوصفي التحليلي في الجانب النظري، ومنهج دراسة الحالة في الجانب التطبيقي، ولذلك فقد تم تقسيم البحث إلي جانبين النظري، والذي تم التطرق فيه بشكل مبسط إلى إدارة مياه الأمطار، واستعراض العوامل المؤثرة في سقوط الأمطار، وكذلك الاسس النظرية للسلاسل الزمنية، أما الجانب التطبيقي فقد تم فيه إجراء دراسة تطبيقية (دراسة حالة) على معدلات هطول الأمطار في مدينة الباحة، للوصول إلى نموذج قياسي للتنبؤ بمعدلات هطول الأمطار المتوقعة لفترات لاحقة، كما تم الاعتماد على برنامج التحليل الإحصائي للتنبؤ E-views لتحقيق اغراض البحث.

مصادر البيانات:

تم الاعتماد على بيانات تاريخية للسلاسل الزمنية الشهرية، والتي تم الحصول عليها من وزارة المياه، والرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، ومركز أبحاث المياه في جامعة الملك عبد العزيز، والبيانات التي تم استخدامها لمتغيرات البحث هي:

١. معدلات هطول الأمطار.

٢. درجة الحرارة.

٣. الرطوبة النسبية.

٤. سرعة الرياح.

حدود البحث:

التزم البحث الحالي بالحدود التالية:

الحدود الموضوعية:

اقتصر هذا البحث على إدارة مياه الأمطار في منطقة الباحة باستخدام نماذج السلاسل الزمنية.

الحدود المكانية:

اقتصر هذا البحث على إدارة مياه الأمطار في منطقة الباحة فقط.

الحدود الزمنية:

اقتصر هذا البحث على التنبؤ بكمية هطول الامطار في الفترة من عام (١٩٨٥ الي ٢٠١٤م).

مصطلحات البحث:

إدارة مياه الأمطار:

"تعني إدارة العرض والطلب، فإدارة العرض تشمل كافة الأنشطة اللازمة لتحديد مواقع المصادر الجديدة، وتنميتها، واستغلالها، وإدارة الطلب تشمل كافة الآليات اللازمة لتحقيق المستويات، والأنماط الأفضل لاستعمال المياه، وتقوم عملية التخطيط على دمج هاتين الإدارتين في عملية واحدة، لتوفير الأساس التحليلي اللازم لاختيار البدائل". (الربيعي، ٢٠١٠م : ٨٨).

ويعرف البحث الحالي إدارة مياه الأمطار: بأنها استخدام النماذج الاحصائية المناسبة للتنبؤ بمعدلات هطول الأمطار من أجل توفير البيانات الأزمة للجهات المختصة لمساعدتها ودعمها عند اتخاذ القرارات الإدارية.

السلاسل الزمنية:

يقصد بها مجموعة من القيم والمشاهدات المرتبطة مع بعضها تولدت بشكل متعاقب مع استمرار الزمن، وتحتوي على الظاهرة الموسمية، والتي تشير إلى النمط المتماثل لحركة السلسلة الزمنية في الأشهر المتقابلة خلال السنوات المتتالية. (Brock Well & Davis, 1991: 53)

ويعرف البحث الحالي التنبؤ : بأنه التخطيط، ووضع الافتراضات، حول أحداث المستقبل، باستخدام تقنيات خاصة، عبر فترات زمنية مختلفة، وبالتالي فهو العملية التي يعتمد عليه المديرون، أو متخذا القرارات، في تطوير الافتراضات حول أوضاع المستقبل.

ويعرف البحث الحالي المشكلات القياسية: هي المشكلات التي تصاحب بناء النموذج القياسي، كمشكلة عدم ثبات التباين، ومشكلة الارتباط الجزئي.

الارتباط الذاتي: Autocorrelation Function (ACF)

هي أداة رياضية، تستخدم في إيجاد النماذج المتكررة، وتوضيح الارتباطات الموجودة بين المشاهدات لفترات مختلفة، ويتم ذلك بدراسة العلاقة الموجودة بين السلسلة لذاتها ونقصد هنا الارتباطات الداخلية للسلسلة الزمنية. (بري، ٢٠٠٢م : ٩٣)

معامل الارتباط الجزئي : partial correlation

ويعرف ايضاً بـ (اختبار العزل الإحصائي) أو (الضبط الإحصائي) ولارتباط الجزئي هو علاقة قائمة بين متغيرين مع عزل الثالث، وهذا المعامل يقيس الارتباط بين أي زوج من المتغيرات عند ثبات المتغيرات الأخرى .

http://www.jmasi.com/ehsa/correlation/linearprt.htm

الجانب النظري:

المبحث الأول: إدارة المياه.

إن الإدارة الحالية لموارد المياه في العالم العربي يجب أن تتطور، بحيث تمتد لتشمل الجوانب السياسية، والاقتصادية، والاجتماعية، والتقنية، والقانونية، بالإضافة الي اللجوء الي الحلول غير التقليدية في تنمية مصادر المياه الحالية وتوفير مصادر بديلة. (دياب، ١٩٩٨م: ٤٣١)

مفهوم إدارة المياه:

يرى الغامدي (٢٠٠٧م: ٦) أن مفهوم إدارة المياه عبارة عن علاقات متداخلة لها تفسيرات علميه متشعبة، الأهم في هذه العلاقات يتجلى في رؤية الفرد العربي لأهمية المطر، وكنتيجة تنصب الجهود لتعظيم توظيفه، بوسائل تتحكم فيها إدارة تتقن دورها من خلال وضوح الأهداف.

كما يرى أن الإدارة تعتمد على وحدات من الممارسة المهارية التراكمية المشذبة، والمتناغمة، تكمل بعضها البعض بواسطة أدوات متوفرة بيئيا، وسهلة الاستعمال، والتطبيق، لتحقيق تعظيم الاستفادة من ماء المطر، وهي جزء من نتائج نجاح تعامل الإنسان، وتعاونه مع البيئة، ونجاح هذه الإدارة يتوقف على فهم البيئة، واحترام متطلباتها، وتحقيقها.

كما يذكر أحمد (٢٠٠٩م: ١٤٣) أن إدارة الطلب على المياه تُعرف بأنها "استخدام الحوافز المالية، وأدوات التوعية المائية لترشيد الاستهلاك للحد من الطلب على الكميات المستهلكة من المياه، وتتخذ إدارة الطلب على المياه عدة أشكال: أولها، إجراءات مباشره للتحكم في نمط الاستهلاك، وثانيها، إجراءات غير مباشره مثل الحوافز المالية، وبرامج التوعية والإرشاد، واستخدام معايير إدارة الطلب على المياه للاقتصاد في استهلاكها" .

كما يذكر الربيعي (٢٠١٠م: ٨٨) أن إدارة المياه "تعني إدارة العرض والطلب، فإدارة العرض: تشمل كافة الأنشطة اللازمة لتحديد مواقع المصادر الجديدة، وتنميتها، واستغلالها، وإدارة الطلب: تشمل كافة الآليات اللازمة لتحقيق المستويات، والأنماط الأفضل لاستعمال المياه، وتقوم عملية التخطيط على دمج هاتين الإدارتين في عملية واحدة لتوفير الأساس التحليلي اللازم لاختيار البدائل" .

وبالرجوع الي إدارة المياه في المملكة العربية السعودية نجد أن الغامدي (٢٠١٣م: ٤٤) يذكر أنه نتيجة لندرة المياه في المملكة فقد توجه الفكر المحلي نحو الاهتمام بهذا المورد المحدود للبحث عن مخرج، وحل، فكان نجاح ولادة إدارة المياه على يد الآباء، والأجداد، الذين أسسوا لعلم إدارة المياه في المناطق الجافة، وقد نجحت إدارتهم بشكل مكنهم من البقاء على أديم هذه الارض، ولأن المطر مصدر الماء فقد امتدت مهارتهم لصيده، وتجميعه، وتوظيفه، بشكل كفء، وفعال، ورشيد، وهكذا تأسس علمهم في إدارتهم للماء الذي أمتد ايضاً كجزء من إدارة الماء إلي إدارة البيئة من حولهم لتحقيق أقصى فائدة من مياه الأمطار.

ومما سبق يمكن استنتاج التعريف التالي: لإدارة مياه الأمطار بأنها استخدام النماذج الاحصائية المناسبة للتنبؤ بمعدلات هطول الأمطار من أجل توفير البيانات الأزمة للجهات المختصة لمساعدتها، ودعمها، عند اتخاذ القرارات الإدارية.

وعند الحديث عن إدارة المياه فلابد من التعرض لحقيقة نزول المطر، ودور عملية التبخر في ذلك، حيث يعتبر المطر المصدر الرئيس للموارد المائية الأخرى؛ فإذا تمت إدارته واستغلاله بالشكل الأمثل فإنه سيكون مصدراً هاماً لاستمرار الحياة، وتحقيق التنمية على هذه البقعة من الأرض.

حقيقة نزول المطر:

إن نزول ماء المطر من السماء يظل في حقيقته سراً من أسرار الكون لا يعلمه إلا الله تعالى، ويؤكد ذلك أن كل محاولات استمطار السحب برشه بعدد من المركبات الكيماوية التي لها قابلية شديدة للماء مع نجاحها، إلا أن أحداً لم يستطع التحكم في أماكن إمطارها. ولم

يستطيع العلم رغم تقدمه عبر العصور، أن يفسر عملية إنزال المطر من السحاب تفسيراً كاملاً، خاصة أن العديد من السحب تحمل الصفات نفسها، وتوجد تحت نفس الظروف الطبيعية، والمناخية، ويمطر بعضها، ولا يمطر البعض الآخر، وقد ذكر الحق تبارك وتعالى في كتابه الكريم أن نزول المطر يعود للإرادة الإلهية. (الزواوي، ٢٠٠٤م : ١٠٦)

ويضيف الزواوي (٢٠٠٤م: ١٠٣) أن "نزول المطر عملية معقدة للغاية تتم بواسطة العديد من التفاعلات الطبيعية، والكيميائية، غير المعروفة بالكامل، من بينها تصريف الرياح، وتبخير الماء، وتجمع بخار الماء المنطلق من مختلف الانشطة الحياتية، ونقله بواسطة الرياح التي تثير السحاب، وتؤلف بينه، وتبسطه في السماء حتى يكون المطر" .

أهمية التبخر:

يعتبر التبخر حلقة أساسية في الدورة المائية، ولولاه لما تحولت مياه البحار، والمحيطات إلى مياه عذبة يعيش عليها كل ما هو حي على الأرض ، فلولا التبخر لما تكونت السحب ولما سقطت الأمطار . (صالح، ٢٠١٤م: ١٢٦)

فعملية التبخر التي تحدث في المحيطات تعتبر الطريقة الرئيسية لانتقال الماء إلى الغلاف الجوي، حيث تتيح المساحات الشاسعة التي تغطيها المحيطات المجال لحدوث تبخر على نطاق واسع، وتعتبر كمية الماء المتبخر هي تقريباً نفس كمية الماء التي تعود إلى الأرض كأمطار. (السروى، ٢٠٠٨م: ٧٤)

العوامل التي تتحكم في التبخر وهطول الامطار:

تتداخل في عملية التبخر، سواء من سطح الماء المكشوف أو من سطح التربة، عوامل متعددة بعضها عوامل مناخية مثل الإشعاع الشمسي، ودرجة الحرارة، والرطوبة النسبية للهواء، والرياح، والضغط الجوي، وليس من الممكن تحديد الدور الذي يقوم به أي عامل من العوامل التي تتحكم في التبخر تحديداً مستقلاً عن الأدوار التي تقوم بها العوامل الأخرى، لأن العوامل كلها تعمل مع بعضها بصورة معقدة ومتشابكة، وكل ما يمكن عمله هو تقدير النتيجة النهائية العامة لكل آثارها مجتمعة، وفيما يلي شرح موجز للعلاقة بين التبخر وبين العوامل المناخية المؤثرة فيه، وهي:

١- الإشعاع الشمسي: لقد أثبتت التجارب التي أجريت حتى الآن وجود علاقة طردية واضحة بين قوة الإشعاع الشمسي والتبخر.

٢- درجة الحرارة: إن العلاقة بين درجة الحرارة والتبخر علاقة طردية واضحة ، ولدرجة الحرارة فضلا عن ذلك تأثيرا آخر غير مباشر يحدث عن طريق تأثيرها على الرطوبة النسبية للهواء، وهذه الرطوبة لها بدورها تأثير قوي على التبخر.

٣- الرطوبة النسبية للهواء: التبخر يحدث طالما أن الهواء لم يصل إلى درجة التشبع، وتتوقف سرعة التبخر على مقدار الفرق بين الرطوبة النسبية الفعلية للهواء وبين رطوبته النسبية عندما يصبح مشبعا تماما وهي ١٠٠%، فالهواء الذي رطوبته النسبية ٣٠% مثلا يكون أكثر ملاءمة لنشاط التبخر من الهواء الذي رطوبته النسبية ٤٠%، ويتناقص نشاط التبخر كلما اقتربت الرطوبة النسبية من حدها الأقصى وهو ١٠٠%، وعندئذ يتوقف التبخر تماما، ومن المعروف أن انخفاض درجة حرارة الهواء يؤدي إلى زيادة رطوبته النسبية بينما يؤدي ارتفاعها إلى نقص هذه الرطوبة. (صالح، ٢٠١٤م: ١٢٧-١٢٩)

وتعتبر الحرارة ضرورية لحدوث التبخر، وتستخدم هذه الطاقة التي توفرها الشمس في كسر جزيئات الماء المتماسكة، لذا يتبخر الماء عند درجة الغليان (٢١٢ درجة فهرنهايت، ١٠٠ درجة مئوية) بسهولة، ولكن ذلك يحدث ببطء شديد للغاية عند درجة التجمد، ويتعذر حدوث التبخر عندما تصل الرطوبة النسبية في الجو إلى معدل ١٠٠%، وهي درجة التشبع. (السروى، ٢٠٠٨م: ٧٤)

٤- الرياح: ويرجع تأثيرها إلى أنها قد تزيح من فوق السطح المائي طبقة الهواء التي تكون رطوبتها النسبية مرتفعة بسبب ما أكتسبته من بخار الماءإ وتأتي بدلا منها بهواء أكثر جفافا من اليابس المجاور مما يؤدي إلى زيادة نشاط التبخر، وكلما زادت سرعة الرياح كان تأثيرها أكبر، وخصوصا إذا كانت مساحة السطح المائي صغيرة نسبيا.

٥- الضغط الجوي: فمن البدهي أن ارتفاع الضغط الجوي يعطل الى حد ما سرعة انطلاق الجزيئات من الماء أو التربة إلى الجو، بينما يساعد انخفاضه على زيادة هذه السرعة، وبالتالي على زيادة نشاط التبخر، وبالإضافة الى ذلك فإن الضغط الجوي له كذلك آثار غير مباشرة على التبخر، فهو مثلاً يؤدي إلى ضعف الرياح أو قوتها، وهذا يؤثر بدوره على نشاط التبخر، والواقع أن الآثار

غير المباشرة للضغط الجوي أهم بكثير من آثاره المباشرة. (صالح، ٢٠١٤م: ١٢٧-١٣٠)

العوامل المؤثره في كمية الأمطار:

١- تقل كمية الأمطار كلما ابتعدنا عن البحار بسبب نضوب محتوى الغيوم من الماء أثناء تحركها فوق القارات، ولكن يستثنى من ذلك بعض المناطق الساحلية التي يمر بجوارها تيارات بحرية باردة.

٢- درجة العرض تؤثر بشكل كبير على توزيع الأمطار، ففي منطقة المنخفض الاستوائي توجد قمة لكمية الأمطار، كما يلاحظ تناقص كمية الأمطار من هذه القمة بالاتجاه نحو مناطق عروض الخيل، حيث توجد معظم الصحاري بين درجتي ٢٠-٣٠، والتي تعتبر مناطق قليلة الأمطار، ومن ثم تتزايد الأمطار في العروض الوسطى ٣٠-٦٠، ثم تتناقص بالاتجاه نحو الأقطاب، حيث توجد الصحاري الباردة ذات الهواء البارد الجاف.

٣- تؤثر توزيع التضاريس في توزيع كميات الأمطار؛ حيث تزداد على سفوح الجبال العالية، وتقل في الهضاب والوديان.

٤- وقوع المنطقة في مسار المنخفضات يزيد من أمطارها مثل منطقة شرق البحر المتوسط التي يختلف تأثرها بمسار المنخفضات الجوية من سنة لأخرى، مما يؤدي الى تذبذب كبير في الأمطار السنوية.

٥- تزداد الأمطار الحملية الصيفية داخل المدن الكبيرة، وذلك بسبب انتشار الملوثات داخل المدينة، مع وجود نشاط للتيارات الصاعدة، وكذلك تزيد مناطق الغابات من كمية الأمطار لتوفر الرطوبة. (عيسى، ٢٠١٠م: ١٥٤-١٥٥)

معوقات إدارة الموارد المائية:

يمكن تحديد أهم المعوقات فيما يلي:

١- تشتت مسؤولية صنع القرار على عدة دوائر، أو وزارات مستقلة، وغير متعاونة في أغلب الأحيان.

٢- عدم وجود تنسيق بين المؤسسات المختلفة التي تتولى بحوث، ودراسات، واستخدام موارد المياه.

٣- نقص الأموال اللازمة لتمويل المشروعات المائية.

٤- ازدياد عدد السكان وزيادة معدل استهلاك الفرد للمياه.

٥- نقص البيانات، خاصة الكمية منها، حول ما هو موجود، وما يمكن استغلاله.

٦- عدم الاهتمام بتدريب الكوادر الوطنية على استيعاب التكنولوجيا الحديثة لاستخدامها محلياً.

٧- نظراً لأهمية المياه فقد أصبح الحديث عنها، والعمل في مجالاتها، هدفاً للمتخصصين، وغير المتخصصين، عبر وسائل الأعلام، والمؤتمرات، والندوات، بما أدى إلى اقحام أفكار، وآراء، وأرقام، وبيانات غير صحيحة، عن مصادر المياه خاصة الجوفية منها. (دياب، ١٩٩٨م: ٤٣١)

المبحث الثاني: السلاسل الزمنية.

دائماً ما يكون هناك حاجة لوجود نظام دقيق للتنبؤ يمكن الاعتماد عليه إدارياً، فالتنبؤات غير الدقيقة دائماً يكون لها آثار خطيرة على عمليات اتخاذ القرار، بالإضافة إلى ذلك فمن الضروري لأي مؤسسة ألا تعتمد على النماذج الرياضية فقط للتنبؤات؛ لأنها قد لا تتفق دائماً مع جميع المعلومات الإدارية، لذا يتوجب اللجوء أيضا إلي استخدام النماذج الإحصائية.

تعريف السلاسل الزمنية: Definition of Time Series:

يذكر هيكل (١١٩٨٠م: ١٦٥) أن "المقصود من السلاسل الزمنية هو معرفة التغيرات التي تطرأ على الظاهرة خلال فترة زمنية محددة حيث يمكن مقارنة قيم الظاهرة بعضها ببعض؛ لأنها مقاسة بنفس وحدات القياس، وبنفس الطريقة في تواريخ مختلفة، بهدف تحليل السلسلة الزمنية، أي معرفة أسباب، ونتائج التغيرات، ومعرفة ما يمكن أن يكون من علاقة بين الظاهرة محل الدراسة، والظواهر الأخرى، ويمكن الاستعانة في الدراسة برسم الخط البياني للسلسلة الزمنية، فهو يوضح سير الظاهرة وتغيرها مع الزمن" .

ويضيف هيكل (١١٩٨٠م: ١٦٥) أن الخط البياني للسلسلة الزمنية عبارة عن نقطة تتحرك بمرور الزمن تماماً كجزء مادي يتحرك تحت تأثير قوى مادية، بدلاً من القوى المادية، فان الحركة في السلسلة الزمنية تعني أي من القوى الاقتصادية، والنفسية، والسياسية، وغيرها، والخط البياني للسلسلة الزمنية يسمى بالمنحنى التاريخي للظاهرة Historical، ومن هنا يكون هنالك هدفان أساسيان لتحليل السلسلة الزمنية هما:

- معرفة الماضي وتحديد نماذج التغير الحالية للسلسلة الزمنية.
- إعطاء فكرة عن النماذج المستقبلية؛ وهذه النماذج تستخدم من قبل الإدارة في التخطيط، والتنبؤ، والضبط.

مكونات السلسلة الزمنية: Components of time series:

يمكن تصنيف مكونات السلسلة الزمنية كما يلي:

١- الاتجاه العام (Trend)

ويقصد به ميل الظاهرة نحو الزيادة، أو النقصان، خلال فترة طويلة من الزمن.

٢- التغيرات الموسمية (Seasonal Variations - SV)

وهى تغيرات تحدث للظاهرة خلال السنة بسبب اختلاف طبيعة مواسم السنة نفسها.

٣- التغيرات الدورية (Cyclical Variations - CV)

وهى تغيرات تحدث للسلسلة كل عدة سنوات، بحيث تكرر السلسلة نفسها على فترات دورية منتظمة، مثل (دورات النمو والانكماش في الاقتصاد العالمي).

٤- التغيرات العشوائية أو العرضية (Variations - IV Irregular)

هي تغيرات تحدث بصفة غير منتظمة، وبسبب عوامل فجائية مثل (الزلازل- الفيضانات – الحرائق – إفلاس البنوك) .

أن هذه المكونات (العناصر) الأربعة الخاصة بالسلسلة الزمنية وهي تتأثر بالعوامل الاقتصادية والبيئية والاجتماعية والسياسية وغيرها . (النوري، ١٩٩٦م : ٤٣)

السلسلة الزمنية الموسمية:

يقصد بها مجموعة القيم المشاهدة المرتبطة مع بعضها، تولدت بشكل متعاقب مع استمرار الزمن، وتحتوي على الظاهرة الموسمية، التي تشير الي النمط المتماثل لحركة السلسلة الزمنية في الأشهر المتقابلة خلال السنوات المتتالية. (Brock Well & Davis , 1991 :53)

هنالك أساليب عديدة لصياغة نماذج التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية Time series، ولكننا في هذا الفصل سنتعرف على وجه الخصوص على نماذج الانحدار الذاتي، والمتوسطات المتحركة المختلطة Auto regressive Integrated Moving Averages(ARIMA) التي وضعها العالمان (George Box) و (Gwilym Jenkins) في كتابهما (TimeSeries Analysis،Forecasting and Control) الصادر عام ١٩٧٠.

حيث يذكر فاندل (١٩٩٢م: ٣٠٨) أنه على الرغم من أن دراسة نماذج السلاسل الزمنية قد بدأت منذ سنوات عديدة إلا أن Box & Genkins قد جعلا استخدام هذه النماذج أكثر انتشاراً، وبينا إمكانية استخدامها في البيانات الموسمية، كما أنهما وضحا كيفية تطبيق هذه النماذج عملياً، وأن لأسلوبهما العديد من الملامح الجذابة، أيضاً يسمح أسلوبBox & Genkins باستخدام العديد من السلاسل الزمنية إذا توافرت بيانات عنها لشرح وتفسير سلوك سلسلة زمنية أخرى، ويمكن تصنيف نماذج السلسلة الزمنية وفقاً لعدد متغيرات النموذج، فنموذج السلسلة الزمنية الذي يحتوي على متغير واحد يستخدم البيانات الحالية والسابقة لمتغير واحد فقط، وعند صياغة هذا النموذج يفترض ضمنياً عدم تغيير العوامل التي تؤثر في المتغير، أما نموذج السلسلة الزمنية الذي يستخدم صراحة متغيرات أخرى لوصف سلوك السلسلة الزمنية محل الدراسة، فيسمى نموذج السلسة الزمنية متعددة المتغيرات.

أنواع السلاسل الزمنية:

أولاً: نوعية قيم السلسلة: من حيث كونها قيماً متصلة، أو غير متصلة، ويؤدي هذا المعيار إلى الصنفين التاليين:

- السلاسل الزمنية المتصلة: وهي السلاسل الزمنية التي نقيس فيها قيما ظاهرة متغيرة خلال فترة من الزمن مثل الساعة، اليوم، الأسبوع، الشهر، ربع سنة .... إلخ، ومن أمثلة هذه السلاسل كمية استهلاك الطاقة الكهربائية شهرياً، ونسب المواليد خلال العام، وحجم الاستيراد والتصدير في بلد ما خلال العام، وكمية الأمطار السنوية وغيرها.
- السلاسل الزمنية غير المتصلة (المتقطعة): وهي السلاسل الزمنية التي نقيس فيها قيم ظاهرة متغيرة عند لحظة من الزمن ، ومن أمثلة هذه السلاسل عدد السكان في مدينة ما في اليوم الأول من كل سنة.

ثانياً: طبيعة الزمن الذي تحدث فيه قيم السلسلة الزمنية، ومن حيث أن هذا الزمن محدد مسبقاً أو غير محدد، ويؤدي هذا المقياس إلى الصنفين التاليين:

- السلاسل الزمنية النقطية: وهي السلاسل التي تقاس قيمتها في أزمنة غير متوقعة مثل سلاسل الكوارث، سقوط الطائرات، حوادث القطارات، حوادث السيارات، سلسلة الهزات الأرضية.
- السلاسل الزمنية غير النقطية: وهي التي تقاس في أزمنة محددة مسبقاً، ومن أمثلة هذه السلاسل: سلسلة أرباح شركة الإسمنت في منتصف العام، وسلسلة معدل الدخل السنوي للأفراد والتي تقاس في نهاية كل عام وغيرها.

ثالثاً: عدد القيم التي تأخذها السلسلة عند كل قياس، ويؤدي هذا المقياس إلى النوعين التاليين من السلاسل الزمنية:

- السلاسل الزمنية الثنائية: وهي السلاسل التي تأخذ إحدى قيمتين، صفر أو واحد (فشل أو نجاح) وتظهر مثل هذه السلاسل في الهندسة الكهربائية، وفي نظرية الاتصالات.
- السلاسل الزمنية غير الثنائية: وهي التي تأخذ أكثر من قيمتين، ومن أمثلة هذه السلاسل: أعداد السكان، وأعداد المواشي.

رابعاً: التغيرات التي تحدث في السلسلة مع الزمن: ويقصد بالتغيرات الاتجاه العام لنمو السلسلة والأمور التي تتكرر فيها، وهذا المقياس يؤدي إلى الأصناف التالية:

- السلاسل ذات الاتجاه المتزايد: وهي السلاسل التي يمكن أن يتوسط نقطها خط مستقيم متزايد (ميله موجب)، ومن أمثلة هذه السلاسل تلك التي تمثل أعداد السكان، وسلاسل الدخل القومي، وسلاسل حوادث السيارات.
- السلاسل ذات الاتجاه المتناقص: وهي السلاسل التي يمكن أن يتوسط نقطها خط مستقيم متناقص (ميله سالب)، ومن أمثلة ذلك سلاسل مساحة الأراضي الزراعية في منطقة معينة والتي هي في تناقص مستمر بسبب انتشار الأبنية عليها.
- السلاسل ذات الاتجاه الثابت: وهي السلاسل التي يمكن أن يتوسط نقطها خط مستقيم ثابت (ميله صفر)، ومن أمثلة ذلك سلسلة الطاقة الكهربائية المستهلكة في إضاءة الإشارات الضوئية، والشوارع الرئيسة في إحدى المدن.
- السلاسل ذات التغيرات المتكررة على فترات متباعدة: وهي السلاسل التي يمكن أن يتوسط نقطها خط يشبه منحنى اقتر الجيب (أو جيب التمام) بعد تعرضه لدوران بزاوية مناسبة، وذلك لأن قيم السلسلة قد تتأثر بأمور فصلية أو سنوية، ومن أمثلة ذلك سلسلة مبيعات الملابس الصوفية التي تتم في كافة أيام السنة، ولكنها تزداد في فصل الشتاء، وتنقص في الصيف . (النوري، ١٩٩٦م: ٧٤)

نماذج دالة التحويل: Transfer Function Models

سنحتاج في هذا البحث إلى استخدام نماذج تنبؤ متعددة المتغيرات، ولهذا يجب علينا بناء نموذج تنبؤ يتضمن أكثر من سلسلة زمنية واحدة يعرض صراحة الخصائص الديناميكية للنظام، يسمى مثل هذا النموذج بنموذج سلاسل زمنية متعددة (Multiple Time Series Model) أو نموذج دالة التحويل، وفي بعض الأحيان تسمى السلاسل الزمنية التي يتضمنها النموذج لتفسير سلوك المتغيرات التابعة باسم متغير المؤشرات المتقدمة (Leading indicator variables) لذا نجد أن نموذج دالة التحويل يسمى أحياناً بنموذج المؤشرات المتقدمة.

ويذكر عطية (٢٠٠٩م: ٧١) أن عملية بناء نموذج تتضمن ثلاثة مراحل هي مرحلة التعرف، والفحوص التشخيصية، ومرحلة التنبؤ.

أهمية استخدام الأساليب الإحصائية في إدارة مياه الأمطار:

يدرك الجميع أهمية الماء فالماء ضرورة من ضرورات الحياة، لذا فقد كان الماء ولا يزال مصدراً لمشروع قلق حول العالم بأسره، إلا أن هذا القلق حول مشكلة ندرة المياه يتزايد في المناطق الصحراوية كالمملكة العربية السعودية، حيث لا أنهار، ولا عيون، والاعتماد الرئيس على مياه الأمطار، التي تعد من أعظم نعم الله عز وجل على البشر، وقد أمتن الله على عباده في العديد من آيات القرآن الكريم بما ينزله من ماء المطر، الذي يهبط إلى الأرض نقياً قادراً على توفير أسباب الحياة ليس للبشر فحسب، بل لكل الكائنات الحية، إن تم استغلاله،

والإفادة منه، والمحاولة دون هدره؛ ونظراً لأهمية الأمطار كمصدر رئيس لتغذية جميع الموارد المائية الأخرى لذلك فإن تحليل بيانات الأرصاد المناخية وإجراء تحليل رياضي وإحصائي تاريخي لمعدل هطول الأمطار، ومعدلات تكرار حدوث العواصف المطيرة، والظواهر المناخية الأخرى، وما يتبع ذلك من دراسة لمعدلات الهطول المحتملة، وتحديد أقصى كمية مياه أمطار متوقعة في كل عاصفة مطيرة، لهو أمر ضروري، لحسن إدارة مياه الأمطار التي ينعم الله بها علينا.

الدراسات السابقة:

الدراسات العربية:

١- دراسة بشناق (2002م) بعنوان "الاستراتيجية المستقبلية لإدارة الموارد المائية في ظل متطلبات التنمية في المملكة العربية السعودية" وقد هدفت هذه الدراسة إلى وضع استراتيجية لتحويل أزمة المياه في المملكة العربية السعودية إلى قوة دافعة للاقتصاد الوطني، والتنمية الشاملة، من خلال منهج الإدارة المتكاملة للموارد الطبيعية؛ وقد ناقشت الورقة سبل تطبيق هذا المنهج على عدة محاور: في مقدمتها توفير احتياجات المجتمع من المياه، والصرف الصحي، وتوفير الأمن الغذائي، وزيادة مصادر تمويل مرافق المياه، وتنسيق استخدامات المياه مع استخدامات الأراضي، والموارد الأخرى، وإدارة مخاطر المياه، وتوثيق معلومات المياه، واكتساب تقنيات المياه، وزيادة مشاركة القطاع الخاص، وتعزيز التعاون الدولي، وتعظيم منافع المجتمع العاجلة والآجلة، وقد خلصت الدراسة الى توصيات محددة في هذه المحاور.

٢- دراسة الزهراني واخرون (1426هـ) بعنوان "تغيير النمط الاستهلاكي للمياه المنزلية كمدخل لإدارة الطلب عليها وترشيد استخدامها في المملكة العربية السعودية" وقد هدفت الدراسة إلى التعرف على أهم الجوانب الاجتماعية، والاقتصادية، والهندسية التي تؤثر على النمط الاستهلاكي للمياه المنزلية، والطلب عليها، بمدينة الرياض- عاصمة المملكة وأكبر مدنها وأكثرها عمراناً وتحضراً، والتي تضم ما يقرب من ربع السكان - والعوامل التي تؤدي إلى زيادة الاستهلاك المنزلي للمياه، وكذلك الوسائل التي يمكن من خلالها ترشيد هذا الاستهلاك ، وقد جاء من أهم التوصيات التي نتجت عن هذه الدراسة ضرورة تغيير النمط الاستهلاكي للمياه المنزلية من خلال وسائل وإجراءات فنية وتقنية، وتغيير النمط الاستهلاكي للمياه المنزلية من خلال وسائل وإجراءات إدارية واقتصادية، وتغيير النمط الاستهلاكي للمياه المنزلية من خلال وسائل وإجراءات تركز على البعد السلوكي الإنساني .

٣- دراسة آل الشيخ (2006م) بعنوان "حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية" والتي هدفت الي التأكيد على أهمية التوسع في حصاد مياه الأمطار والسيول بالمملكة التي تعاني من عجز شديد في الميزان المائي؛ حيث ذكرت الدراسة أنه نظرا للتدهور البيئي الذي صاحب دورات الجفاف المتعاقبة على الكرة الأرضية، بالإضافة إلى تزايد عدد السكان، واحتياجاتهم للماء، والضغط الشديد على الموارد المائية المتاحة، مع صعوبة استغلالها في بعض الأحيان لارتفاع التكلفة، وللحفاظ على منسوب المياه في المخازن الجوفية العميقة، حيث تهطل الأمطار بغزارة لفترات قصيرة تسيل على أثرها الأودية، والشعاب، ويفقد جزء كبير منها بالتبخر فلا يستفاد منه، فعلى الرغم من أن كمية هطول الأمطار تزيد على ١٣٠ مليار م٣ سنويا؛ إلا أن الاستفادة الفعلية منها لا تتعدى ١٠% ، لهذا وجب التأكيد على أهمية التوسع في حصاد مياه الأمطار والسيول بالمملكة التي تعاني من عجز شديد في الميزان المائي، يتم تعويض جزء منه بعملية إعذاب (تحلية) للمياه المالحة ذات التكلفة العالية، لذا فقد أولت المنظمة العربية للتنمية الزراعية اهتماما بالغا بتشجيع استخدام تقنيات حصاد المياه، واعتبرته ضمن خطتها لعام ٢٠٠٢م.

٤- دراسة الغامدي (2007م) بعنوان "إدارة مياه الأمطار واستثمارها استراتيجية لتعزيز الأمن المائي العربي" وقد ركزت الورقة على اكتشاف، وتقصي، ممارات إدارة مياه الأمطار، واستثمارها في المناطق العربية، مُركزة على ممارات أهالي بعض المناطق الجنوبية من المملكة العربية السعودية؛ كنموذج ومثال تقع هذه المناطق في سلسلة جبال السراة المحاذية للبحر الأحمر، وقد توصلت الدراسة الي وجود هياكل وأنظمة زراعية، تعتمد على هياكل وأنظمة فاعلة، لإدارة مياه الأمطار، واستثمارها، وهي تُعبّر عن فلسفة ناضجة، واستراتيجيات واضحة، لإدارة

مياه الأمطار واستثمارها لدى الإنسان العربي، ذات مفهوم ومدلول تراثي ثقافي لإدارة مياه الأمطار، مُرتكزة على وعي بمتطلبات البيئية، وقد كشفت الورقة بُعدا معرفيا نادرا يستند على فهم عميق للبيئة والمناخ السائد والإمكانيات المتاحة، حيث تم وضع هياكل وتطبيقات وأنظمة لإدارة مياه الأمطار واستثمارها جيلا بعد آخر، وكذلك حصاد ماء المطر بشكل مباشر؛ حيث برعوا أهالي المنطقة أيضا في تجميع ماء المطر واستثماره، عن طريق بناء هياكل وأنظمة وتطبيقات فنية، كما نجحوا بشكل مميز في بناء أنظمة وهياكل وتطبيقات ممرات لمياه الأمطار، وأدوات لحماية الهياكل الزراعية والمائية الأمر الذي جنبهم الكثير من المخاطر، ومكنهم من تعزيز استمرارهم واستيطانهم وبنجاح لهذه المناطق الجافة، ومن خلال إحياء هذا التراث المهاري في إدارة مياه الأمطار هناك نافذة أمل لتعزيز تعظيم الاستفادة من مياه الأمطار كاستراتيجية لتعزيز الأمن المائي العربي.

٥- دراسة عثمان (2009م) بعنوان "استخدام تحليل السلاسل الزمنية للتنبؤ بكميات الأمطار السنوية في ولاية كسلا" قد هدف البحث إلي اقتراح نموذج يمكن من خلاله التنبؤ بكمية الأمطار السنوية في ولاية كسلا، حتى تتمكن الجهات المختصة من توظيف مياه الأمطار بصورة مثلى، وتتجنب الآثار السالبة للأمطار، وقد توصل الباحث إلى إن البيانات لا يوجد بها اتجاه عام، ولا توجد بها تغيرات منتظمة؛ أي أن السلسلة تمثل سلسلة زمنية ساكنة، كما توصل الباحث أيضاً إلى إن الأخطاء الناتجة من تطبيق النموذج المقترح تتبع التوزيع الطبيعي وهي مستقلة عن بعضها البعض، وقد أوصى الباحث بأن تقوم الجهات المختصة باستخدام النموذج الذي تم تقديره في التنبؤ بكمية الأمطار لما له من فائدة في تنمية البلد.

الدراسات الاجنبية:

١- دراسة Biswas (2004) بعنوان "الادارة المتكاملة لمصادر المياه" والتي اشارت الي أن مفهوم الادارة المتكاملة يعتبر معروفا منذ ٦٠ عاما، ولكن تم اعادة اكتشاف و صياغة هذا المفهوم في التسعينات؛ كما اوضحت أن هذا المفهوم يبدو جاذباً للبعض للوهلة الاولى، ولكن مع القليل من التعمق في تحليل هذا المفهوم سوف تظهر عدد من الثغرات، والمشكلات، سواء من ناحية فهم هذا المصطلح، او من ناحية تطبيقه؛ ومع مرور الوقت يستمر اعتبار مفهوم ادارة مصادر المياه بشكل متكامل مصطلح غير متبلور، وغير محدد، حيث لا يوجد اتفاق على المشكلات التي بإمكان هذا المشروع حلها، مثل ماهي الجوانب التي يجب دمجها وإدارتها بشكل متكامل ومترابط ؟ وكيف؟ وبواسطة من ؟ او حتى هل سيكون هناك إمكانية لعملية الدمج وإدارة هذه المصادر بدرجة الكمال المطلوبة في مساحات واسعة او لا؟ كما اشارت الدراسة في الختام إلي أن هناك شهره واسعة لهذا المفهوم حول العالم، ولكن الصراع أكبر من ذلك، حيث إنه في الحقيقة يصعب جدا تطبيق مبدأ الإدارة المتكاملة لمصادر المياه في أرض الواقع.

٢- دراسة Elfeki, Al-Amri and Bahrawi (2013) بعنوان "تحليل تقلب المناخ وسقوط الأمطار السنوية في المملكة العربية السعودية باستخدام دالة الكثافة الطيفية" وقد استخدمت هذه الدراسة دالة الكثافة الطيفية (SDF) لتحليل معدل سقوط الأمطار في الجزء الجنوبي الغربي من المملكة العربية السعودية، ومن خلال استخدام هذه الطريقة استطاعت الدراسة الاستدلال على دورة المناخ في هذه المناطق؛ وقد تم ملاحظة أنه في سبعة محطات هطلت أطول أنواع الأمطار السنوية، وقد وجد تحليل لهذه الأمطار في فترة مابين ٤٢ إلى ٥٠ سنة، وقد بينت النتائج ظهور دورات مضاعفة لعناصر دورة المناخ مع بعض الاختلافات الهامة، كما أن الدورة العامة لجميع المحطات السبع ظهرت في فترة مقدارها ٢٦ سنة، وهذه الدورة كان لها الأثر الأقوى على سقوط الأمطار والتقلب المناخي مقارنة مع الدورات الأخرى، وقد توصلت هذه الدراسة إلي توثيق بعض المعلومات، والبيانات على هيئة هيكل مؤقت للهطول السنوي فيما يختص بالجزء الجنوبي الغربي من المملكة العربية السعودية، وقد استخدام الارتباط الذاتي، والتحليل الطيفي لاختبار شكل هذا التغير المناخي.

٣- دراسة Osman & Al-Matar (2015) بعنوان " أيام المطر والجفاف باعتبار مؤشر العمليات التصادفية – الباحة " والتي هدفت الى بناء نموذج رياضي يمثل الأيام الممطرة، والجافة، لموسم الأمطار في منطقة الباحة، وإيجاد التوزيع الاحتمالي لوقت العودة الأول لكل من الأيام الممطرة، والجافة، ومتوسط وقت العودة، وتحديد

دورة الطقس، وقد جاء من نتائج هذه الدراسة من خلال تطبيق النموذج الرياضي أن ٨٨٪ من الأيام الواقعة في موسم الأمطار هي أيام جافة، وقد خرجت الدراسة بالنتيجة الأولى وهي: أن توزيع وقت العودة الأول ومتوسط وقت العودة الأول والذي كان ١.١٣٣ للأيام الجافة، و٨.٥٤٧ يوم للأيام الممطرة، كذلك كان عدد الأيام المتتالية الممطرة حوالي ١ يوم في المتوسط، والجافة ٩ أيام في المتوسط، أي أن دورة الطقس ١٠ أيام، وتبين من المقارنة أن القيم المتنبأ بها لا تختلف كثيراً عن الفعلية، مما يعني أن النموذج يمكن اعتباره ممثلاً للبيانات بدرجة معقولة.

التعليق على الدراسات السابقة:

ركزت الباحثة على استعراض الدراسات التي تناولت مشكلة المياه في المملكة العربية السعودية، فجميع الدراسات التي تم استعراضها تحدثت عن مشكلة ندرة المياه في المملكة العربية السعودية، باستثناء دراسة عثمان (2009م)، والتي كانت في ولاية كسلا في السودان، وقد تم استعراضها نظراً لقرب الموضوع، إلا أنها استخدمت بيانات سنوية، بينما استخدم البحث الحالي بيانات موسمية شهرية، كما أن مُعظم الدراسات التي تم استعراضها تتحدث عن مياه الامطار تحديداً، فيما عدا دراسة الزهراني (1426هـ)، ودراسة بشناق (2002م)، ودراسة Biswas (2004)، فقد تحدثت عن إدارة الموارد المائية بشكل عام، كما أن الدراسات باللغة الإنجليزية التي تم استعراضها، وهي أيضاً تتحدث عن مشكلة مياه الأمطار في المملكة، فقد اهتمت بإيجاد نماذج رياضية وجغرافية للتنبؤ المستقبلي لهطول الامطار، فدراسة Osman & Al-Matar (2015)، استخدمت مؤشر العمليات التصادفية، بينما استخدمت دراسة Elfeki, Al-Amri and Bahrawi (2013)، دالة الكثافة الطيفية (SDF)، أما البحث الحالي فيستخدم نماذج اريما الموسمية (ARIMA)، أي نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة المختلطة الموسمية، وهو من أكفأ الأساليب التي صممت لحل المشكلات القياسية من بين نماذج السلاسل الزمنية، إضافة إلى ذلك فقد استخدمت الباحثة نموذج دالة التحويل، والذي يسمح باستخدام متغيرات مستقلة مفسرة الي جانب استخدام السلسلة الزمنية للمتغير الرئيس.

منهجية البحث:

استخدمت الباحثة مزيج من المنهج الوصفي التحليلي في الجانب النظري، ومنهج دراسة الحالة في الجانب التطبيقي، ولذلك فقد تم تقسيم البحث إلى جانبين النظري، والذي تم التطرق فيه بشكل مبسط إلى إدارة مياه الأمطار، واستعراض العوامل المؤثرة في سقوط الأمطار، وكذلك الأسس النظرية للسلاسل الزمنية، أما الجانب التطبيقي، فقد تم فيه إجراء دراسة تطبيقية (دراسة حالة)، على معدلات هطول الأمطار في مدينة الباحة، للوصول إلى نموذج قياسي للتنبؤ بمعدلات هطول الأمطار المتوقعة لفترات لاحقة؛ وقد تم الاعتماد في هذا الجزء على برنامج التحليل الإحصائي E-views في إصداره الثامن، وهو احدث اصدار، وذلك من أجل الوصول لنموذج قياسي للتنبؤ بمعدلات الهطول المتوقعة، وقد صمم هذا البرنامج خصيصاً لحل المشكلات القياسية التي تظهر أثناء بناء نماذج التنبؤ المستقبلي، ومن أهم هذه المشكلات القياسية عدم سكون السلسلة الزمنية نتيجة لعدم استقرار الظروف المحيطة، ويمكن من خلال رسم انتشار السلسلة الزمنية معرفة السكون من عدمه، ويقصد بالسكون من الناحية الإحصائية بأن يكون الوسط الحسابي، والتباين للسلسلة الزمنية ثابتين، ومن بين الأساليب المستخدمة في تثبيت استقرارية السلسلة الزمنية إيجاد تحويلات اللوغاريثم الطبيعي لبيانات السلسلة، أو الحصول على الجذر التربيعي لها، أو إيجاد الفروق من الدرجة الأولى، أو الثانية.

مراحل بناء النموذج الموسمي:

منهجية Box & Genkins تعتمد على دراسة نظامية للسلاسل الزمنية انطلاقا من مواصفاتها، من أجل تحديدها ضمن عائلة نماذج ARIMA، وتحديد النموذج الملائم للظاهرة المدروسة. (Box & Genkins, 1976: 243)

وتمر منهجية Box & Genkins بأربع مراحل هي:

١. التشخيص: Identification

يتم تشخيص النموذج، وتحديد درجته، من خلال دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي، ويحتوي الجدول (١) على ملخص للأنماط المختلفة لدالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي، للنماذج غير الموسمية والموسمية الساكنة المختلفة .

جدول (١): دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للنماذج

غير الموسمية والموسمية الساكنة المختلفة

النموذج	دالة الارتباط الذاتي *ACF*	دالة الارتباط الذاتي الجزئي *PACF*
AR(p)	تقترب من الصفر تدريجياً	تقترب من الصفر بعد الفترة الزمنية p
MA(q)	تقترب من الصفر بعد الفترة الزمنية q	تقترب من الصفر تدريجياً
ARMA(p,q)	تقترب من الصفر تدريجياً	تقترب من الصفر تدريجياً
$AR(p)\times SAR(P)$	تقترب من الصفر تدريجياً	تقترب من الصفر بعد الفترة الزمنية $p+SP$
$MA(q)\times SMA(Q)$	تقترب من الصفر بعد الفترة الزمنية $q+SQ$	تقترب من الصفر تدريجياً
$ARMA(p,q)\times(P,Q)$	تقترب من الصفر تدريجياً	تقترب من الصفر تدريجياً

$$S(\theta,\phi)=\sum_{t=1}^{N}\hat{Z}_t^2(\theta,\phi)$$

٢. التقدير: Estimation

$$LnL(\theta,\phi,\sigma_Z^2)=-\tfrac{N}{2}Ln(2\pi\sigma_Z^2)-\frac{S(\theta,\phi)}{2\sigma_Z^2}$$

بعد أن يحدد النموذج، وتحدد درجته، يتم تقدير معالمه، وهناك عدة طرق تستخدم في التقدير، أهمها:

طريقة الاحتمال الأعظم: لتقدير معالم النموذج المختلط ARMA، تستخدم طريقة الاحتمال الأعظم فالدالة التجميعية بثبات البيانات، هي:

$$L(\theta,\phi,\sigma_Z^2\mid X_t)=(2\pi)^{-\frac{N}{2}}(\sigma_Z^2)^{-\frac{N}{2}}Exp\left[-\tfrac{1}{2\sigma_Z^2}S(\theta,\phi)\right]$$

حيث أن $S(\theta,\phi)$ تمثل مجموع مربعات الأخطاء أي:

وبأخذ التفاضل الجزئي للدالة الأخيرة بالنسبة لكل من σ_Z^2,θ,ϕ ومساواة التفاضلات بالصفر نحصل على التقديرات $\hat{\sigma}_Z^2,\hat{\theta},\hat{\phi}$ على التوالي.

٣. فحص ملائمة النموذج: Diagnostic Checking of Model

قبل استخدام النموذج لحساب التنبؤات المستقبلية يجب اختباره، للتأكد من صحته، وكفاءته، ويتم ذلك باستخدام معاملات الارتباط الذاتي للبواقي حيث:

$$r_k(\hat{Z}_t) = \frac{\sum_{t=1}^{N} \hat{Z}_t \hat{Z}_{t+k}}{\sum_{t=1}^{N} \hat{Z}_t^2}$$

ومعاملات الارتباط الذاتي للبواقي تتوزع توزيعاً طبيعياً بمتوسط صفر وتباين $\frac{1}{N}$ حيث N تمثل حجم العينة ، وعليه فإن:

$$Q = N\sum_{t=1}^{m} r_k^2(\hat{Z}_t)$$

تتوزع توزيع χ^2 بدرجة حرية $(m-p-q)$ حيث تمثل m أكبر عدد لمعاملات الارتباط الذاتي، فإذا كانت قيمة Q المحسوبة أقل من χ^2 الجدولية فهذا يشير إلى كفاءة وملائمة النموذج للبيانات.

٤. التنبؤ: Forecasting

بعد أن يتم تشخيص النموذج، وتقدير معلماته، وفحصه، وتدقيقه، يتم استخدامه في التنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة الزمنية، لمعرفة نمط، وسلوك السلسلة الزمنية، وذلك عن طريق احلال القيم الحالية، والماضية، للمتغير التابع (yt) والبواقي (at) كقيم تقديرية لحد الخطأ، وذلك للحصول على القيمة الاولى المتنبأ بها z t+1، وهو ما يسمى بالتنبؤ لفترة واحدة، ويمكن الحصول على القيمة المستقبلية z t+2، بإحلال القيمة المستقبلية الاولى z t+1 في معادلة التنبؤ مع افتراض أن حد الخطأ خارج العينة للدالة يساوي صفر، وهكذا حتى نصل الى الفترة المطلوبة. (Box & Genkins, 1976: 289)

مصادر البيانات:

تم الاعتماد في هذه البحث على بيانات مناخية وإحصائية أخذت من عدة مصادر، وهي: المحطات التابعة للرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، والمحطات التابعة لوزارة المياه والكهرباء، ومركز أبحاث المياه في جامعة الملك عبد العزيز في جدة، وفيما يلي وصف مختصر لهذه المصادر.

- **الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة:**

قامت المملكة العربية السعودية بإنشاء المديرية العامة للأرصاد الجوية عام ١٣٧٠هـ - ١٩٥٠م؛ ليعاد بعد ذلك هيكلتها عام ١٩٨١م – ١٤٠١هـ لتصبح مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، وأنيط بها دور الجهة المسئولة عن البيئة في المملكة على المستوى الوطني، إلى جانب دورها في مجال الأرصاد الجوية، ومن أهم المهام التي تقوم بها الرئاسة مراقبة الظواهر الجوية، وإصدار التوقعات الجوية لسلامة الأرواح، وحماية الممتلكات، من خلال منظومة تقنية، وعملية، متكاملة، وفقاً للمعايير الدولية في مجال الأرصاد، والعمل على الاستفادة المثلى من الموارد الطبيعية للمملكة، وترشيد استخدامها.

http://www.pme.gov

- **وزارة المياه والكهرباء :**

هي الوزارة المسؤولة عن الإشراف على توفير وسائل الطاقة بالمملكة العربية السعودية كالمياه، والكهرباء، وكان قطاع المياه تابعا لوزارة الزراعة، وقطاع الكهرباء تابعا لقطاع الصناعة، حتى صدر الأمر الملكي بدمجها تحت وزارة مستقلة.

http://www.mowe.gov.sa

- **مركز أبحاث المياه في جامعة الملك عبد العزيز في جدة:**

يقوم مركز أبحاث المياه منذ تأسيسه بدور فعال في مجال إثراء البحوث العلمية، والدراسات المتعلقة بالمياه، من خلال الوحدات البحثية المتخصصة التي يتألف منها، والخدمات الاستشارية التي يقدمها المركز، بالإضافة الى الدور التوعوي، والتثقيفي، الذي يمارسه المركز نحو مختلف فئات المجتمع؛ من أجل ايجاد حلول ناجحة لمشكلات المياه التي يتعرض لها المجتمع في ظل النقص الملموس في الموارد المائية، التي تعاني منه بلادنا الحبيبة كونها تقع في نطاق يتسم بشح الموارد المائية الطبيعية.

http://wrc.kau.edu.sa/Default.aspx?Site_ID=123&Lng=AR

الجانب التطبيقي:

تحليل البيانات: Data Analysis

التحليل الوصفي لمتغيرات البحث:

لوصف بيانات متغيرات البحث تم إيجاد جدول للمتوسطات الحسابية، والانحرافات المعيارية، لكل من معدلات هطول الأمطار، ودرجة الحرارة، والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح.

الجدول (2): المقاييس الوصفية لمتغيرات البحث .

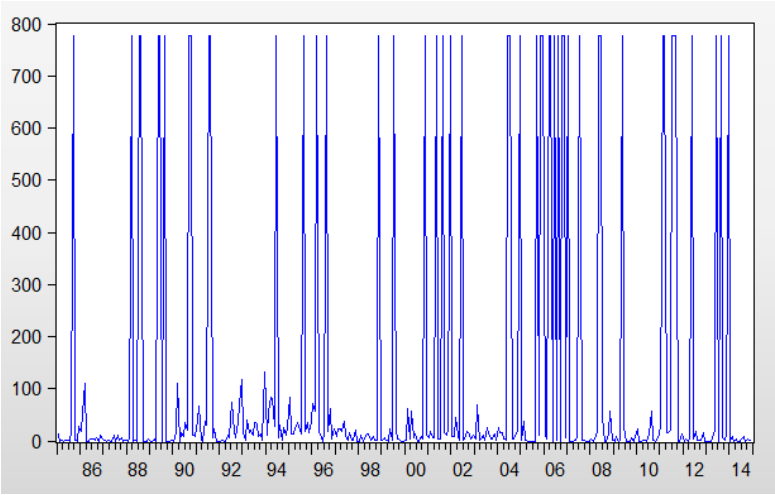
المقياس	معدل هطول الأمطار	درجة الحرارة	الرطوبة النسبية	سرعة الرياح
المتوسط الحسابي	114.6	22.9	39.11	6.60
الانحراف المعياري	261.1	4.94	12.74	1.80

الجدول إعداد الباحثة من مستخرج برنامج e- views ملحق (1)

الجدول السابق (1) يوضح المتوسطات الحسابية، والانحرافات الحسابية، لمتغيرات الدراسة التي أمكن الحصول عليها، وهي معدلات هطول الأمطار، ودرجات الحرارة، والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح.

خصائص بيانات معدلات هطول الأمطار:

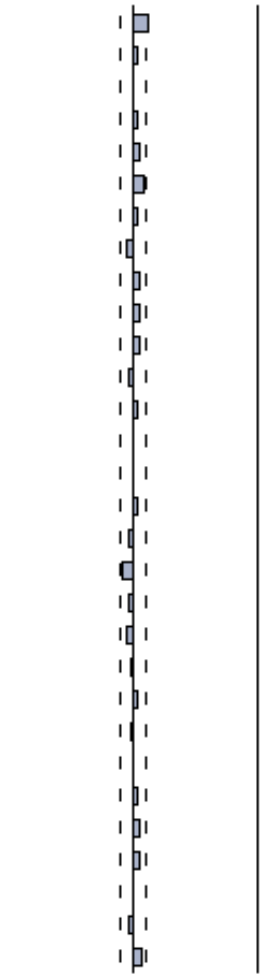
بداية تم عرض بياني لسلسلة معدلات هطول الأمطار، الشكل (1) يوضح التمثيل البياني لمعدلات هطول الأمطار مع الزمن .



الشكل (1) التمثيل البياني لمعدلات هطول الأمطار مع الزمن

الشكل السابق (1) يوضح تذبذب كمية الأمطار حسب الفصول خلال السنة، وهذا يوضح أهمية أخذ الموسم في الاعتبار.

كما تم اختبار استقرار السلسلة الأصلية، وقد وجد أن السلسلة تتمتع بالاستقرار على مستوى البيانات الأصلية؛ ويوضح ذلك الشكل (2)، الذي يمثل مخطط، وقيم اختبار الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي، كما يؤكده اختبار جذر الوحدة unit root test لبيانات معدلات هطول الأمطار، يوضحه ملحق (2) حسب مخرجات برنامج (e-views):



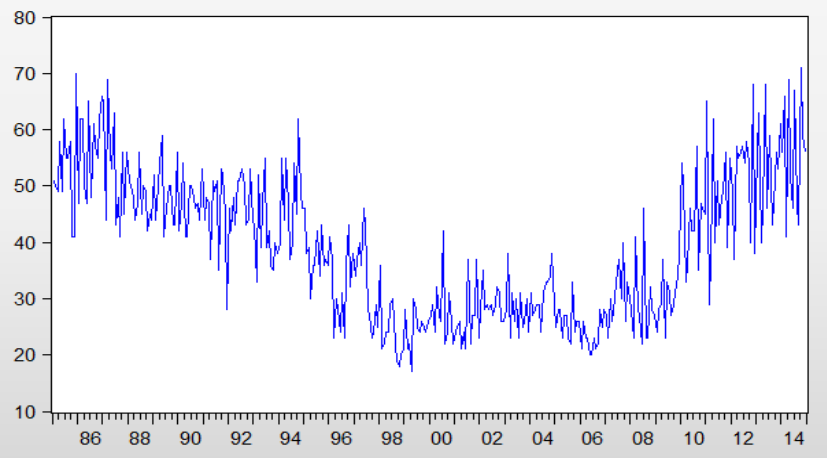
	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.127	0.127	5.8302	0.016
2	0.036	0.020	6.2977	0.043
3	0.006	-0.001	6.3131	0.097
4	0.025	0.024	6.5462	0.162
5	0.052	0.046	7.5260	0.184
6	0.088	0.076	10.365	0.110
7	0.041	0.019	10.979	0.140
8	-0.050	-0.064	11.918	0.155
9	0.055	0.067	13.024	0.162
10	0.051	0.036	14.009	0.173
11	0.051	0.029	14.964	0.184
12	-0.045	-0.066	15.709	0.205
13	0.031	0.041	16.060	0.246
14	0.006	0.004	16.075	0.309
15	0.007	-0.007	16.092	0.376
16	0.039	0.023	16.659	0.408
17	-0.035	-0.043	17.125	0.446
18	-0.085	-0.075	19.880	0.340
19	-0.034	-0.015	20.330	0.375
20	-0.051	-0.060	21.311	0.379
21	-0.008	0.012	21.338	0.438
22	0.035	0.039	21.818	0.471
23	-0.015	-0.013	21.908	0.526
24	-0.007	0.010	21.926	0.584
25	0.037	0.049	22.469	0.609
26	0.061	0.054	23.913	0.581
27	0.044	0.038	24.684	0.592
28	-0.007	-0.016	24.702	0.644
29	-0.033	-0.026	25.119	0.672
30	0.079	0.093	27.587	0.592

الشكل (2) مخطط دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي لسلسلة معدلات هطول الأمطار على مستوى البيانات الأصلية والشكل مستخرج برنامج (e-views)

خصائص بيانات معدلات الرطوبة النسبية :

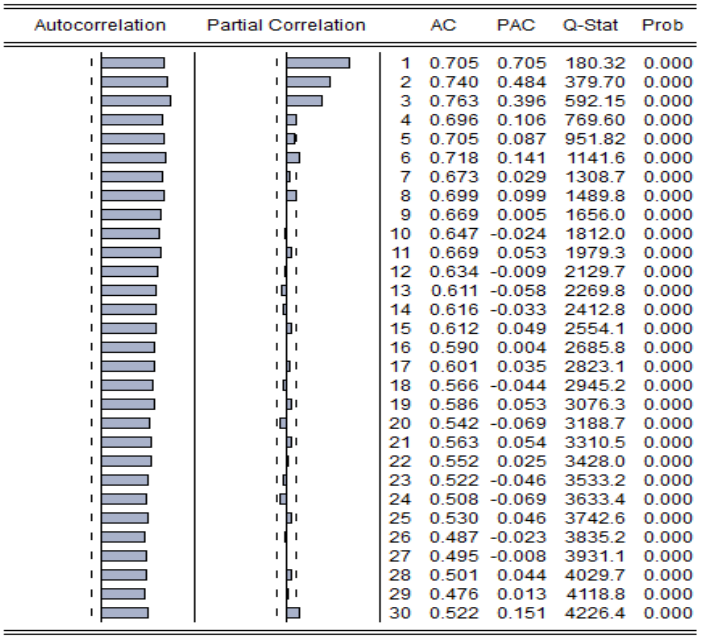
تم استعراض البيانات الأصلية لمعدلات الرطوبة النسبية بيانياً، والشكل (3) يوضح ذلك .

.



الشكل (3) تمثيل الرطوبة النسبية مع الزمن والشكل من مستخرج برنامج e-views

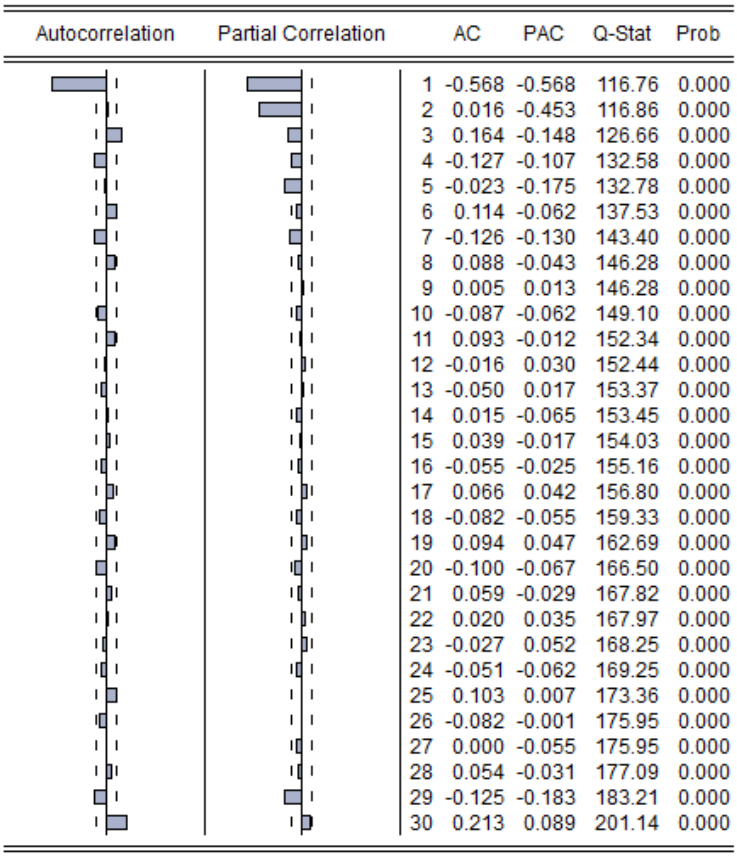
كما تم اختبار سكون البيانات الأصلية لمعدلات الرطوبة النسبية، وقد تبين عدم سكون البيانات الأصلية.



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.705	0.705	180.32	0.000
		2	0.740	0.484	379.70	0.000
		3	0.763	0.396	592.15	0.000
		4	0.696	0.106	769.60	0.000
		5	0.705	0.087	951.82	0.000
		6	0.718	0.141	1141.6	0.000
		7	0.673	0.029	1308.7	0.000
		8	0.699	0.099	1489.8	0.000
		9	0.669	0.005	1656.0	0.000
		10	0.647	-0.024	1812.0	0.000
		11	0.669	0.053	1979.3	0.000
		12	0.634	-0.009	2129.7	0.000
		13	0.611	-0.058	2269.8	0.000
		14	0.616	-0.033	2412.8	0.000
		15	0.612	0.049	2554.1	0.000
		16	0.590	0.004	2685.8	0.000
		17	0.601	0.035	2823.1	0.000
		18	0.566	-0.044	2945.2	0.000
		19	0.586	0.053	3076.3	0.000
		20	0.542	-0.069	3188.7	0.000
		21	0.563	0.054	3310.5	0.000
		22	0.552	0.025	3428.0	0.000
		23	0.522	-0.046	3533.2	0.000
		24	0.508	-0.069	3633.4	0.000
		25	0.530	0.046	3742.6	0.000
		26	0.487	-0.023	3835.2	0.000
		27	0.495	-0.008	3931.1	0.000
		28	0.501	0.044	4029.7	0.000
		29	0.476	0.013	4118.8	0.000
		30	0.522	0.151	4226.4	0.000

الشكل (4) مخطط دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي لسلسلة معدلات الرطوبة النسبية على مستوى البيانات الأصلية .

يوضح الشكل السابق (4) عدم سكون السلسلة الأصلية، وهذا أيضاً ما وضحه اختبار جذر الوحدة ملحق (3)، وجاء الفرق الأول للبيانات موضح بالشكل (5)، والذي يوضح أن البيانات في الفرق الأول أظهرت سكون بالسلسلة، فيما عدا القيمتين الأولى، والثانية؛ وتعتبر النتيجة مرضية، وذلك لأن اختبار جذر الوحدة أظهر أن البيانات ساكنة في الفرق الأول، موضح بالملحق (4) .

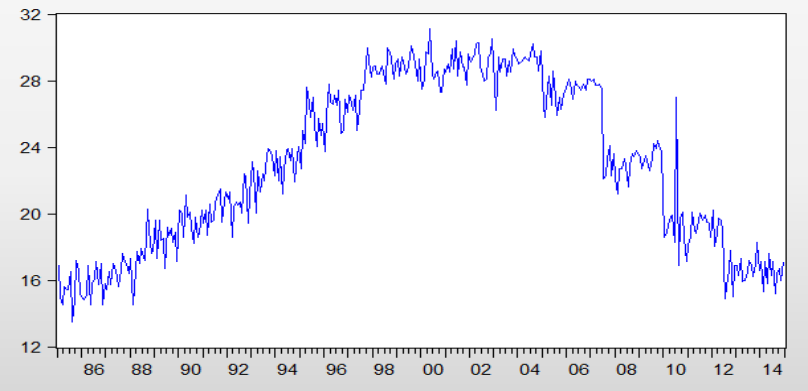


Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.568	-0.568	116.76	0.000
		2	0.016	-0.453	116.86	0.000
		3	0.164	-0.148	126.66	0.000
		4	-0.127	-0.107	132.58	0.000
		5	-0.023	-0.175	132.78	0.000
		6	0.114	-0.062	137.53	0.000
		7	-0.126	-0.130	143.40	0.000
		8	0.088	-0.043	146.28	0.000
		9	0.005	0.013	146.28	0.000
		10	-0.087	-0.062	149.10	0.000
		11	0.093	-0.012	152.34	0.000
		12	-0.016	0.030	152.44	0.000
		13	-0.050	0.017	153.37	0.000
		14	0.015	-0.065	153.45	0.000
		15	0.039	-0.017	154.03	0.000
		16	-0.055	-0.025	155.16	0.000
		17	0.066	0.042	156.80	0.000
		18	-0.082	-0.055	159.33	0.000
		19	0.094	0.047	162.69	0.000
		20	-0.100	-0.067	166.50	0.000
		21	0.059	-0.029	167.82	0.000
		22	0.020	0.035	167.97	0.000
		23	-0.027	0.052	168.25	0.000
		24	-0.051	-0.062	169.25	0.000
		25	0.103	0.007	173.36	0.000
		26	-0.082	-0.001	175.95	0.000
		27	0.000	-0.055	175.95	0.000
		28	0.054	-0.031	177.09	0.000
		29	-0.125	-0.183	183.21	0.000
		30	0.213	0.089	201.14	0.000

الشكل (5) مخطط دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي لبيانات الفرق الأول لمعدل الرطوبة النسبية .

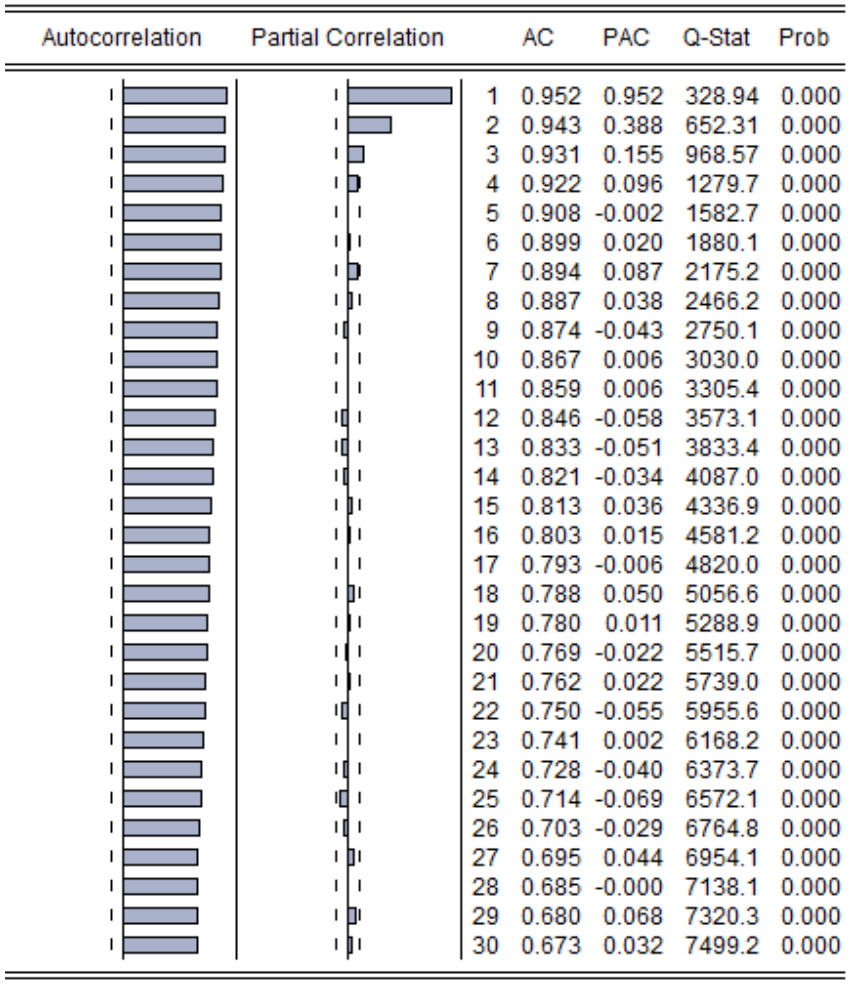
خصائص بيانات درجات الحرارة :

وقد تم عرض بياني للبيانات الأصلية لدرجات الحرارة مع الزمن، مبين بالشكل (6)



الشكل (6) العرض البياني لبيانات درجات الحرارة مع الزمن .

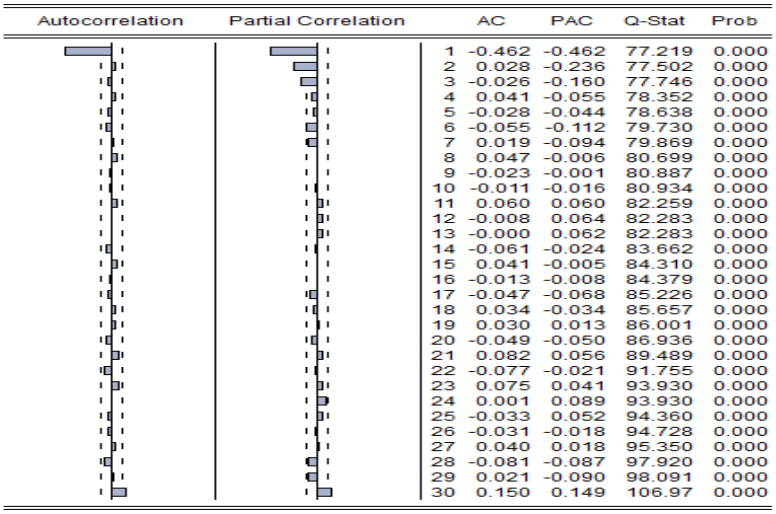
كما تم اختبار السكون للبيانات الأصلية، والتي أظهرت عدم السكون على مستوى البيانات الأصلية، موضح بالشكل (7)، والملحق (٥) يؤكد أن البيانات الأصلية لم تظهر السكون في اختبار جذر الوحدة .



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.952	0.952	328.94	0.000
		2	0.943	0.388	652.31	0.000
		3	0.931	0.155	968.57	0.000
		4	0.922	0.096	1279.7	0.000
		5	0.908	-0.002	1582.7	0.000
		6	0.899	0.020	1880.1	0.000
		7	0.894	0.087	2175.2	0.000
		8	0.887	0.038	2466.2	0.000
		9	0.874	-0.043	2750.1	0.000
		10	0.867	0.006	3030.0	0.000
		11	0.859	0.006	3305.4	0.000
		12	0.846	-0.058	3573.1	0.000
		13	0.833	-0.051	3833.4	0.000
		14	0.821	-0.034	4087.0	0.000
		15	0.813	0.036	4336.9	0.000
		16	0.803	0.015	4581.2	0.000
		17	0.793	-0.006	4820.0	0.000
		18	0.788	0.050	5056.6	0.000
		19	0.780	0.011	5288.9	0.000
		20	0.769	-0.022	5515.7	0.000
		21	0.762	0.022	5739.0	0.000
		22	0.750	-0.055	5955.6	0.000
		23	0.741	0.002	6168.2	0.000
		24	0.728	-0.040	6373.7	0.000
		25	0.714	-0.069	6572.1	0.000
		26	0.703	-0.029	6764.8	0.000
		27	0.695	0.044	6954.1	0.000
		28	0.685	-0.000	7138.1	0.000
		29	0.680	0.068	7320.3	0.000
		30	0.673	0.032	7499.2	0.000

الشكل (7) مخطط دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي للبيانات الأصلية لدرجات الحرارة .

ونسبة لعدم سكون البيانات الأصلية لدرجات الحرارة تم اللجوء للفرق الأول للسلسلة، حتى يمكن الوصول إلى بيانات ساكنة، الشكل (8) يوضح أن سلسلة الفرق الأول تتمتع بالسكون، فيما عدا القيمتين الأولى، والثانية، وقد تم قبول السلسلة لأن اختبار جذر الوحدة أثبت أن البيانات ساكنة في الفرق الأول، موضح بالملحق (6) .

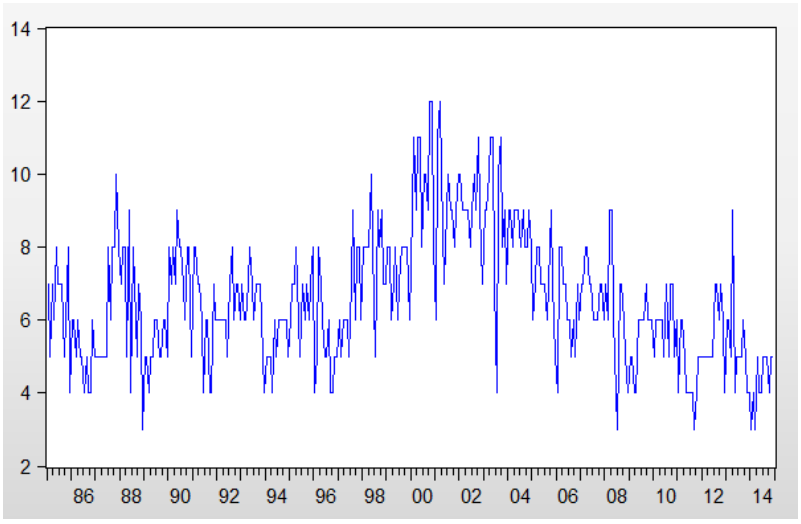


Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.462	-0.462	77.219	0.000
		2	0.028	-0.236	77.502	0.000
		3	-0.026	-0.160	77.746	0.000
		4	0.041	-0.055	78.352	0.000
		5	-0.028	-0.044	78.638	0.000
		6	-0.055	-0.112	79.730	0.000
		7	0.019	-0.094	79.869	0.000
		8	0.047	-0.006	80.699	0.000
		9	-0.023	-0.001	80.887	0.000
		10	-0.011	-0.016	80.934	0.000
		11	0.060	0.060	82.259	0.000
		12	-0.008	0.064	82.283	0.000
		13	-0.000	0.062	82.283	0.000
		14	-0.061	-0.024	83.662	0.000
		15	0.041	-0.005	84.310	0.000
		16	-0.013	-0.008	84.379	0.000
		17	-0.047	-0.068	85.226	0.000
		18	0.034	-0.034	85.657	0.000
		19	0.030	0.013	86.001	0.000
		20	-0.049	-0.050	86.936	0.000
		21	0.082	0.056	89.489	0.000
		22	-0.077	-0.021	91.755	0.000
		23	0.075	0.041	93.930	0.000
		24	0.001	0.089	93.930	0.000
		25	-0.033	0.052	94.360	0.000
		26	-0.031	-0.018	94.728	0.000
		27	0.040	0.018	95.350	0.000
		28	-0.081	-0.087	97.920	0.000
		29	0.021	-0.090	98.091	0.000
		30	0.150	0.149	106.97	0.000

شكل (8) مخطط دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي لبيانات الفرق الأول لدرجات الحرارة.

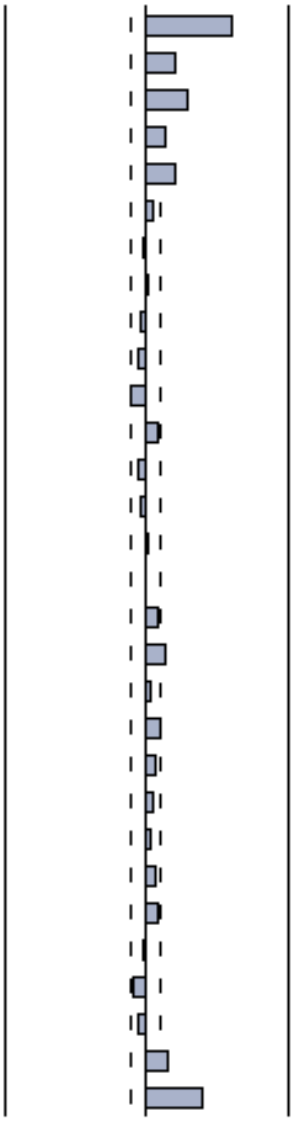
خصائص بيانات سرعة الرياح :

وكالعادة بداية تم عرض بياني للسلسلة الأصلية لبيانات سرعة الرياح مع الزمن، والشكل التالي يوضح ذلك .



الشكل (9) تمثيل بياني لبيانات سرعة الرياح مع الزمن .

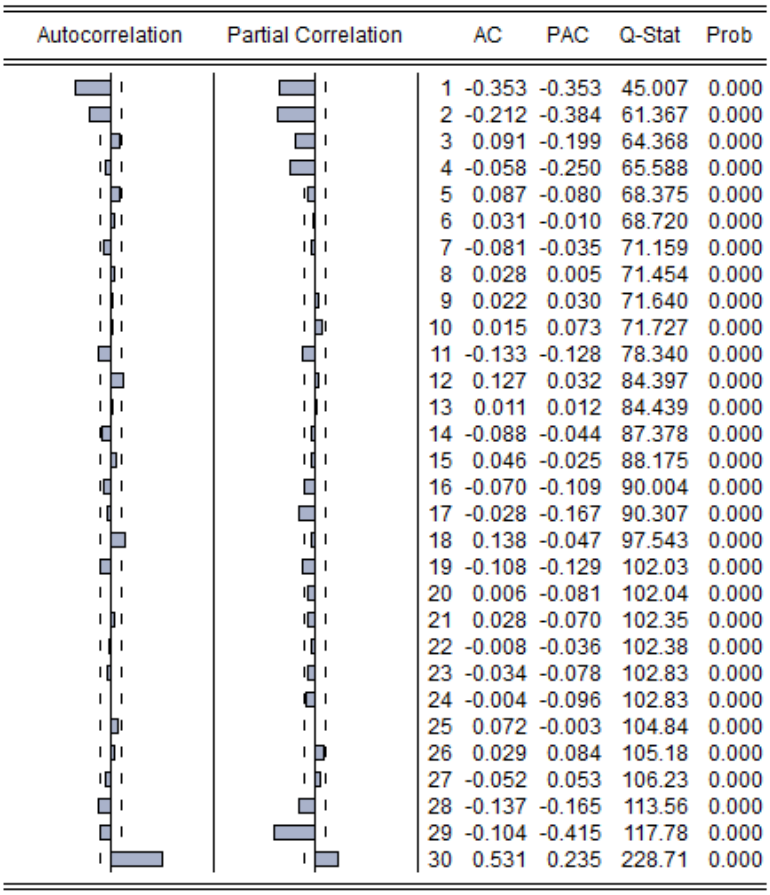
ومن أجل البحثً عن السكون تم اختبار دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزيء لسلسلة البيانات الأصلية لسرعة الرياح، أوضح المخطط في الشكل (10) عدم سكون السلسلة على مستوى البيانات الأصلية، والملحق (7) لاختبار جذر الوحدة للبيانات الأصلية لسرعة الرياح يبين ذلك.



	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.636	0.636	146.75	0.000
2	0.528	0.208	248.35	0.000
3	0.573	0.306	368.13	0.000
4	0.553	0.151	480.15	0.000
5	0.575	0.214	601.43	0.000
6	0.533	0.053	706.16	0.000
7	0.468	-0.018	787.13	0.000
8	0.462	0.009	866.28	0.000
9	0.438	-0.027	937.47	0.000
10	0.394	-0.058	995.29	0.000
11	0.340	-0.101	1038.4	0.000
12	0.382	0.097	1093.1	0.000
13	0.333	-0.057	1134.8	0.000
14	0.276	-0.041	1163.5	0.000
15	0.285	0.023	1194.1	0.000
16	0.261	0.008	1220.0	0.000
17	0.288	0.093	1251.4	0.000
18	0.334	0.154	1294.0	0.000
19	0.281	0.036	1324.1	0.000
20	0.305	0.115	1359.7	0.000
21	0.331	0.080	1401.9	0.000
22	0.332	0.060	1444.5	0.000
23	0.340	0.031	1489.1	0.000
24	0.372	0.068	1542.8	0.000
25	0.404	0.082	1606.4	0.000
26	0.387	-0.011	1665.0	0.000
27	0.350	-0.096	1713.0	0.000
28	0.349	-0.062	1760.9	0.000
29	0.449	0.159	1840.3	0.000
30	0.624	0.414	1994.3	0.000

الشكل (10) مخطط دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي للبيانات الأصلية لسرعة الرياح .

وبناءً على ماسبق تم الانتقال إلى الفرق الأول للبيانات، ويوضح المخطط في الشكل (11) بيانات الفرق الأول التي أظهرت السكون ما عدا القيمتين الأولى، والثانية، وقد كانت بيانات الفرق الأول ساكنة باختبار جذر الوحدة في الملحق (8) .



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.353	-0.353	45.007	0.000
		2	-0.212	-0.384	61.367	0.000
		3	0.091	-0.199	64.368	0.000
		4	-0.058	-0.250	65.588	0.000
		5	0.087	-0.080	68.375	0.000
		6	0.031	-0.010	68.720	0.000
		7	-0.081	-0.035	71.159	0.000
		8	0.028	0.005	71.454	0.000
		9	0.022	0.030	71.640	0.000
		10	0.015	0.073	71.727	0.000
		11	-0.133	-0.128	78.340	0.000
		12	0.127	0.032	84.397	0.000
		13	0.011	0.012	84.439	0.000
		14	-0.088	-0.044	87.378	0.000
		15	0.046	-0.025	88.175	0.000
		16	-0.070	-0.109	90.004	0.000
		17	-0.028	-0.167	90.307	0.000
		18	0.138	-0.047	97.543	0.000
		19	-0.108	-0.129	102.03	0.000
		20	0.006	-0.081	102.04	0.000
		21	0.028	-0.070	102.35	0.000
		22	-0.008	-0.036	102.38	0.000
		23	-0.034	-0.078	102.83	0.000
		24	-0.004	-0.096	102.83	0.000
		25	0.072	-0.003	104.84	0.000
		26	0.029	0.084	105.18	0.000
		27	-0.052	0.053	106.23	0.000
		28	-0.137	-0.165	113.56	0.000
		29	-0.104	-0.415	117.78	0.000
		30	0.531	0.235	228.71	0.000

الشكل (11) مخطط دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي لبيانات الفرق الأول لسرعة الرياح .

مما سبق يمكن تلخيص مستويات السلاسل الزمنية لمتغيرات الدراسة في الجدول التالي:

جدول (3) مستويات استقرار بيانات السلاسل الزمنية .

المتغير	مستوى السلسلة	ديكي فولر الموسع	القيمة الحرجة	حالة السلسلة
معدل هطول الأمطار	مستوى البيانات	-16.58	-2.87	ساكنة
درجة الحرارة	مستوى البيانات	-1.33	-2.87	غير ساكنة
	الفرق الأول	-16.28	-2.87	ساكنة
الرطوبة النسبية	مستوى البيانات	-2.05	-2.87	غير ساكنة
	الفرق الأول	-17.84	-2.87	ساكنة
سرعة الرياح	مستوى البيانات	-2.75	-2.87	غير ساكنة
	الفرق الأول	-16.66	-2.87	ساكنة

الجدول من إعداد الباحثة .

نموذج التنبؤ المقترح:

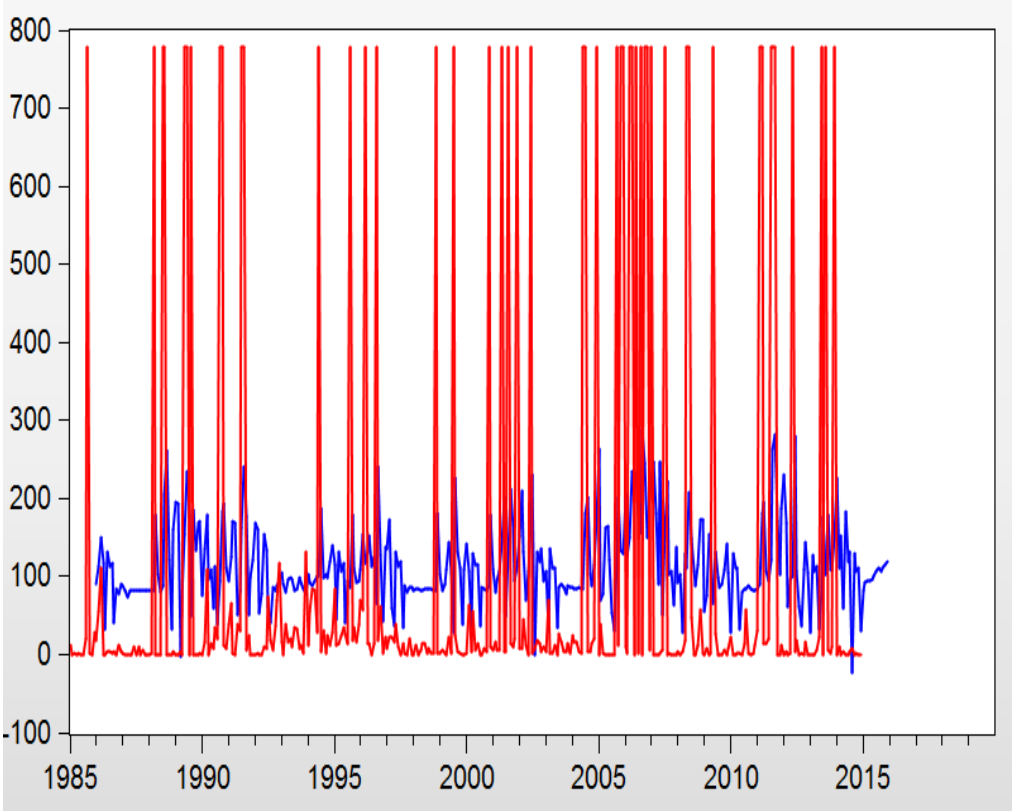
تم بناء نموذج ARIMA المقترح للتنبؤ بمعدلات هطول الأمطار في منطقة الباحة والموضح في الشكل (12)، التالي:

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(H,2)	-5.217687	2.012179	-2.593052	0.0099
AR(1)	-0.448413	0.047913	-9.358920	0.0000
MA(1)	-1.001417	0.004727	-211.8698	0.0000

R-squared	0.729908	Mean dependent var	-0.006443
Adjusted R-squared	0.728382	S.D. dependent var	589.6711
S.E. of regression	307.3188	Akaike info criterion	14.30202
Sum squared resid	33433470	Schwarz criterion	14.33460
Log likelihood	-2549.910	Hannan-Quinn criter.	14.31498
Durbin-Watson stat	2.254510		

شكل (12) النموذج المقترح للتنبؤ بمعدلات هطول الأمطار في منطقة الباحة وهو مستخرج من برنامج E-views

و يتضح فيه قيمة معامل الارتباط 0.73، وهو الأمر الذي يعني وجود علاقة قوية بين المتغيرات المفسرة، والمتغير التابع موضوع البحث، وقد تم بناء النموذج المقترح اعتماداً على بينات السلسلة الأصلية لمعدلات هطول الأمطار، وذلك لأنها أوضحت سكون عند مستوى البيانات الأصلية، كما تم إدراج المتغيرات المفسرة، وهي: درجة الحرارة، ومعدلات الرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، باستخدام الفرق الأول للسلاسل الزمنية، وذلك لأن الاختبارات أوضحت عدم سكون السلاسل الأصلية للبيانات، بينما جاءت ساكنة في الفرق الأول حسب معامل ديكي فلر الموسع، والذي جاء أكبر من القيمة الحرجة للاختبار في كل سلاسل الفرق الأول للمتغيرات المفسرة، وقد تم استبعاد معلمتي درجات الحرارة، وسرعة الرياح، لعدم وجود تأثير معنوي، وعليه تم استخدام النموذج في التنبؤ بمعدلات كمية هطول الأمطار في منطقة الباحة لعام مقبل، والملحق (9) يوضح معامل ثيل بقيمة 0.28، والتي تعتبر مقبولة إحصائياً لاستخدام النموذج للتنبؤ .



الشكل (13) القيم الأصلية والمتوقعة لسلسلة معدلات هطول الأمطار .

ملخص نتائج التحليل:

جاءت نتائج التحليل كما يلي:

١. أنه يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية لمعدلات هطول الأمطار في العام على معدلات هطول الأمطار في العام الذي يليه؛ فقد كانت معلمتي نموذج ARIMA الموسمية معنويتين، معلمة الانحدار الذاتي اظهرت مستوى معنوية 0.00، وأيضاً أظهرت معلمة المتوسطات المتحركة مستوى معنوية 0.00، مما يؤكد أن المعلمتين معنويتين، وهذا يدحض الفرضية الأولى، والتي تنص بعدم وجود تأثير ذو دلالة إحصائية لمعدل هطول الأمطار في العام على معدل هطول الأمطار في العام الذي يليه.

٢. أنه لا يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية لدرجات الحرارة على معدلات هطول الأمطار، وذلك لأن المعلمة جاءت غير معنوية بمستوى معنوية 0.34، وقد تم استبعاد المعلمة من النموذج لعدم معنويتها، وهذا يثبت الفرضية الثانية، والتي تنص بعدم وجود تأثير ذو دلالة إحصائية لدرجات الحرارة على معدلات هطول الأمطار.

٣. أنه يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية لمعدل الرطوبة النسبية على معدل هطول الأمطار، حيث أوضحت المعلمة مستوى معنوية 0.009، لذلك فقد تم الاعتماد عليها في النموذج .

٤. أنه لا يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية للتغير في سرعة الرياح على معدل هطول الأمطار، حيث أوضحت المعلمة مستوى معنوية 0.541، لذلك فقد تم استبعادها من النموذج.

وبناءً على ماتم التوصل إليه من نتائج فقد تم اختيار أفضل نموذج من بين النماذج التي تمكنت الباحثة من الوصول إليها باستخدام برنامج E-VIEWS النسخة الثامنة، والذي يصنف من أفضل البرامج الإحصائية في اكتشاف وحل المشكلات القياسية.

الخاتمة والتوصيات:

من خلال نتائج التحليل خرج البحث بأن نماذج السلاسل الزمنية تمكن من التنبؤ بالقيم المستقبلية لمعدلات هطول الأمطار،

وذلك لقلة البيانات المتاحة للمتغيرات المفسرة، ولعدم استقرارها، وكذلك لتأثرها بمتغيرات أخرى صعب الحصول عليها.

على هذا خلص البحث إلى الاهتمام بالنماذج التي تمكن من التنبؤ الأكفأ بمعدلات الأمطار، حتى تكون دعامة حقيقية عند اتخاذ القرارات الإدارية المرتبطة بإدارة مياه الأمطار في منطقة الباحة على وجه الخصوص، وفي المملكة العربية السعودية بوجه عام.

من خلال النتائج التي تم التوصل اليها توصي الباحثة بما يلي:

- الأخذ بنتائج هذا البحث، والنموذج المعتمد للتنبؤ من قبل الجهات ذات العلاقة، لاعتماده على الأسلوب العلمي الملائم في التنبؤ.
- تحديث، وتطوير، السياسات، والاستراتيجيات، المتعلقة بإدارة مياه الأمطار، لحفظ حقوق الأجيال القادمة من هذا المورد الهام، والذي يعد المصدر الرئيس للموارد المائية الأخرى.
- الاعتماد على أسلوب الزراعة الجافة المعتمدة على مخزون التربة من الماء المطري الذي يخزن في التربة اثناء موسم الأمطار، إضافة إلى استغلال التقنيات الحديثة للري الزراعي، من أجل ترشيد استخدام المياه.
- تفعيل القوانين والتشريعات المائية المنظمة لاستخدام المياه للحد من سوء الاستخدام، والحد من الحفر غير المنظم للآبار.
- تبني حملة توعية تهدف إلى الحد من الإسراف في استخدام المياه في مختلف الأنشطة، وتركز على الاستخدام الشخصي، وتوفير المعدات المرشدة لاستخدام المياه، وتشجيع المواطنين على استخدامها في المنازل، والأسواق، والأماكن العامة.
- العمل على تطوير، وتنظيم، الجهات المعنية بمياه الأمطار، ورفع مستوى أدائها، وتحديد المسؤوليات بينهم، وتقوية حلقات الترابط، والتنسيق بين قطاع الزراعة، والمياه، والبيئة، في صنع القرار، والسياسات، المتعلقة بإدارة مياه الأمطار.
- الاهتمام بالكادر البشري القائم على إدارة مياه الأمطار بالمملكة، من خلال تحفيزهم وتدريبهم بمختلف مستوياتهم .
- تعزيز الحماية الأمنية للموارد المائية، وتشجيع القطاع الخاص للإسهام في كل تلك الأعمال، وتوضيح مفهوم، وغايات، الإدارة المتكاملة للموارد المائية، والأمن المائي .
- تعميم فكرة هذا البحث القائم على استخدام نموذج ARIMA، وتطبيقه في دراسات مناظرة، وقضايا مشابهه، على مستوى مناطق المملكة العربية السعودية الأخرى .

المراجع

أولاً: المراجع العربية.

١- أحمد، يونس ابراهيم (٢٠٠٩م) كيمياء المياه، الطبعة الأولى، عمان – الاردن، دار الحامد للنشر والتوزيع.

٢- بري، عدنان ماجد (٢٠٠٢م) طرق التنبؤ الإحصائي، الرياض – المملكة العربية السعودية، مطابع جامعة الملك سعود .

٣- بشناق، عادل أحمد (٢٠٠٢م) الاستراتيجية المستقبلية لإدارة الموارد المائية في ظل متطلبات التنمية في المملكة العربية السعودية، ورقة عمل مقدمة لندوة وزارة التخطيط (الرؤية المستقبلية للاقتصاد السعودي عام ١٤٤٠ هـ) تحت رعاية صاحب السمو الملكي الامير عبدالله بن عبدالعزيز ولي العهد نائب رئيس مجلس الوزراء ورئيس الحرس الوطني ورئيس المجلس الاقتصادي الاعلى، الرياض في الفترة من ١٣-١٧ شعبان ١٤٢٣هـ الموافق ١٩-٢٣ اكتوبر ٢٠٠٢ م .

٤- دياب، مغاوري شحاتة (١٩٩٨م) مستقبل المياه في العالم العربي ، ط١، مدينة نصر، الدار العربية للنشر والتوزيع .

٥- الربيعي، صاحب (٢٠١٠م) الإدارة المتكاملة للموارد المائية، سوريا، صفحات دمشق .

٦- الزهراني، خضران بن حمدان والشافعي، عماد بن مختار والقحطاني، سفر بن حسين و الحامد، عبدالعزيز بن عبدالله والحاج، الحاج احمد (١٤٢٦) تغيير النمط الاستهلاكي للمياه المنزلية كمدخل لإدارة الطلب عليها وترشيد استخدامها في المملكة العربية السعودية، الرياض، بحث مقدم لعمادة البحث العلمي بجامعة الملك سعود ضمن برنامج البحوث الوطنية .

٧- الزواوي، خالد مُحَمَّد (٢٠٠٤م) الماء الذهب الأزرق في الوطن العربي، ط١، القاهرة ، مجموعة النيل العربية.

٨- السروى، أحمد (٢٠٠٨م) الماء والإنسان والكون، ط١، القاهرة ، عالم الكتب .

٩- آل الشيخ، عبدالملك بن عبدالرحمن (٢٠٠٦م) حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية ، جامعة الملك سعود – الرياض، المؤتمر الدولي الثاني للموارد المائية والبيئة الجافه ٢٠٠٦ م ، كلية علوم الاغذية والزراعة.

١٠- عطية، عبدالقادر مُحَمَّد عبدالقادر (٢٠٠٩ م) الحديث في الاقتصاد القياسي بين النظرية والتطبيق ، ط٣ ، الاسكندرية ، الدار الجامعية .

١١- عيسى، صالحة مصطفى (٢٠١٠م) الجغرافيا المناخية، ط١ ، عمان – الأردن ، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع .

١٢- عثمان، مُحَمَّد منتصر أحمد (٢٠٠٩م) استخدام تحليل السلاسل الزمنية للتنبؤ بكميات الأمطار السنوية في ولاية كسلا، رسالة ماجستير غير منشورة، الخرطوم، كلية العلوم ، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا .

١٣- الغامدي، مُحَمَّد حامد (٢٠٠٧م) إدارة مياه الأمطار واستثمارها استراتيجية لتعزيز الأمن المائي العربي ، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، كلية العلوم الاستراتيجية ،الملتقى العلمي: استراتيجية الأمن المائي العربي خلال الفترة من : ٢٤-٢٦ محرم ١٤٣٣هـ الموافق ١٩-٢١ ديسمبر ٢٠١١م .

١٤- الغامدي، مُحَمَّد حامد (٢٠١٣م) الماء يبحث عن إدارة، ط١، الدمام ، دار الكفاح للنشر والتوزيع .

١٥- صالح، هاشم مُحَمَّد (٢٠١٤م) جغرافية الموارد المائية، ط١، عمان، الأردن، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع .

١٦- فاندل، والتر (1992م) السلاسل الزمنية من الوجهه التطبيقية، ط١، تعريب كل من: عبد المرضي حامد عزام وأحمد حسين هارون، الرياض، دار المريخ للنشر.

١٧- مُحَمَّد، عبدالله حسون (٢٠١٠م) دراسة مشكلة المياه في محافظة ديالا بالعراق وترشيد استهلاكها، مجلة ديالا العدد السادس والاربعون، كلية التربية – الاصمعي – قسم العلوم الانسانية .

١٨- النوري، أحمد حمد (١٩٩٦م) الاحصاء الوصفي، الطبعة الأولى، الخرطوم، دار الأصالة للصحافة والنشر.

١٩- هيكل، عبدالعزيز فهمي (١٩٨٠م) موسوعة المصطلحات الاقتصادية والإحصائية، الطبعة الأولى، جامعة بيروت .

المراجع الأجنبية

1- Al-Matar, N & Osman, R (2015) Rany and Dry Days as a Stochastic Process(Albaha City).IOSR Journal of Mathematics , IOSR Journal of Mathematics (IOSR-JM) e-ISSN: Volume 11, Issue 1 Ver. III (Jan - Feb. 2015), PP 86-90 .

2- Asit, K, Biswas(2004) Integrated water resources management, third world centre for water management , atizapan, Mexico .

3- Brock Well, P.J. and Davis, R.A. (1991) Time Series Theory and Methods , 2nd ed, Springer Verlag New York Inc , New York .

4- Box, G. E. and Price, D. A. (1970) Distribution of Residual Autocorrelations in Autoregressive – Integrated Moving Average Time Series Models , JASA, Vol.55, No.332, pP.1509-1525 .

5- Elfeki,A, Al-Amri,N and Bahrawi,J (2013) Analysis of Annual Rainfall Climate Variability in Saudi Arabia by Using Spectral Density Function. 5th International Conference on Water Resources and Arid

Environment 7-9January 2013,Riyadh,Saudi Arabia .

مواقع الانتر نت :

http://www.mowe.gov.sa

http://www.pme.gov.sa

http://wrc.kau.edu.sa/Default.aspx?Site_ID=123&Lng=AR

http://www.jmasi.com/ehsa/correlation/linearprt.htm

Rainwater management at Al-Baha City by using time-series models in the prediction of precipitation rates for the period from 1985 to 2014 AD

Dr. Khadija al-Zahrani

Abstract

The aim of this research is to select the best from the among time series models available for the preparation of the proper rainwater management, by providing the necessary information to the competent authorities to be able to employ them optimally and to maximize the benefits from them; also to use the result predictions in improving the future rainfall management data, The outcome of the study is that there is significant humidity is there for the rainfall in following years and also there is no significant wind speed impact on rainfall so it has been excluded from the model; The Researcher recommended the adoption the result of this study and also recommends the adoption of this forecasting model by the relevant authorities for the approval of the appropriate scientific method to use in prediction of the rainfall.